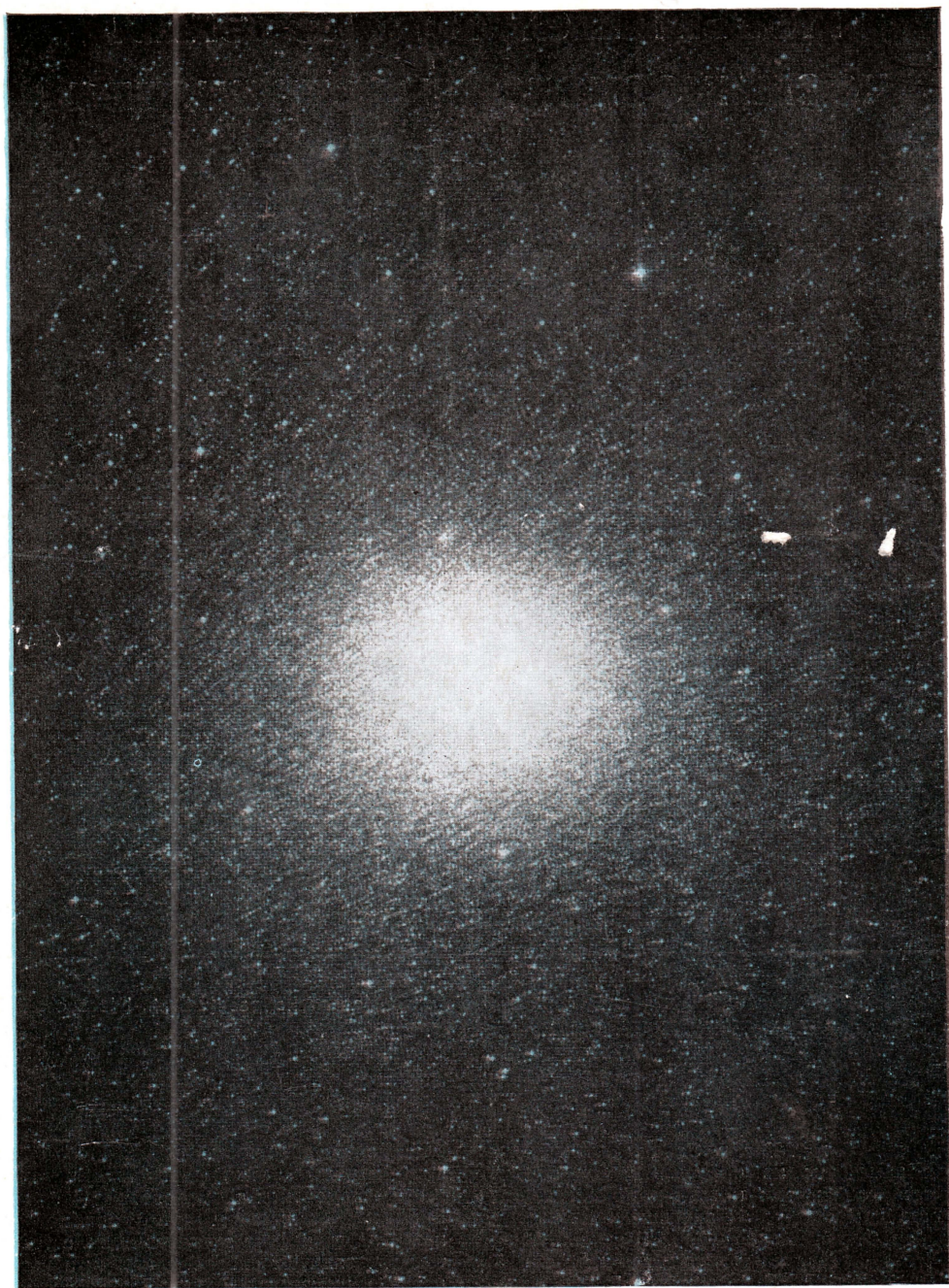




ЗЕМЛЯ и ВСЕЛЕННАЯ

6

1969

АСТРОНОМИЯ

ГЕОФИЗИКА

ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

Новый шаг в покорении космического пространства



Герои-космонавты, участники многосуточного группового полета (слева направо): В. А. Шаталов, В. В. Горбатко, В. Н. Кубасов, А. В. Филипченко, А. С. Елисеев, В. Н. Волков, Г. С. Шонин

Фотохроника ТАСС

11, 12 и 13 октября 1969 г. в Советском Союзе впервые были выведены на околоземную орбиту для совместного полета три космических корабля «Союз-6», «Союз-7» и «Союз-8» с экипажами на борту: командир корабля «Союз-6» — Г. С. Шонин, борт-инженер В. Н. Кубасов, командир корабля «Союз-7» — А. В. Филипченко, борт-инженер В. Н. Волков, инженер-исследователь В. В. Горбатко, командир корабля «Союз-8» В. А. Шаталов, борт-инженер А. С. Елисеев.

После успешного выполнения всей программы научно-технических исследований и экспериментов космические корабли «Союз-6», «Союз-7» и «Союз-8» соответственно 16, 17 и 18 октября совершили посадку в заданном районе Советского Союза. В процессе полета были проверены и испытаны бортовые системы и усовершенствованные конструкции космических кораблей «Союз», отработана система ручного управления, ориентации и стабилизации корабля на орбите и проверены автономные средства навигации. Производилось взаимное маневрирование кораблей на орбите для решения ряда вопросов по отработке пилотируемых космических систем; отработывалась система управления групповым полетом одновременно трех космических кораблей; производилось научное наблюдение и фотографирование

геолого-географических объектов Земли, а также исследования её атмосферы; выполнялись комплексные исследования в околоземном космическом пространстве с участием трех кораблей; проводились научно-технические эксперименты, в том числе испытания различных способов сварки в условиях космического вакуума и невесомости, медико-биологические исследования по дальнейшему изучению влияния факторов космического полета на человеческий организм и другие эксперименты.

Групповой полет космических кораблей «Союз-6», «Союз-7» и «Союз-8» положил начало комплексному исследованию космического пространства.

Опыт, полученный в результате группового полета, служит целям создания на околоземных орбитах в недалеком будущем обитаемых орбитальных комплексов.

Проведенный групповой полет явился продолжением программы поэтапного изучения околоземного космического пространства.

Качественное отличие закончившегося полета от предыдущих заключается в разнообразии маневров по взаимному сближению и расхождению кораблей.

Получены важные научно-технические данные, связанные с освоением околоземного пространства в интересах Человечества.

ЗЕМЛЯ и ВСЕЛЕННАЯ

Научно-популярный
журнал
Академии наук СССР

Основан в 1965 году

Выходит 6 раз в год



НОЯБРЬ — ДЕКАБРЬ

6 1969

Издательство «Наука»
Москва

В НОМЕРЕ

Б. Н. Пановкин — Внеземные цивилизации и кибернетика . . .	2
Г. В. Войткевич — Вымершие изотопы в истории солнечной системы . . .	8
П. Леду — Внешние слои и внутреннее строение звезд . . .	14
Ю. С. Генштафт, А. Я. Салтыковский — Земля «под прессом» . . .	21
Г. С. Голицын — Погода на других планетах . . .	25
Л. И. Миросниченко — Солнечные космические лучи . . .	31
В. М. Фрейд — Как записывают землетрясения . . .	38
Н. Н. Михельсон — Принадлежности к телескопам . . .	46

СИМПОЗИУМЫ И КОНФЕРЕНЦИИ

И. А. Хвостико — Впечатления участника 12-й сессии Международного комитета по исследованию космического пространства . . .	50
--	----

ЛЮДИ НАУКИ

Иван Андреевич Хвостиков . . .	53
--------------------------------	----

ОБСЕРВАТОРИИ И ИНСТИТУТЫ

Б. М. Ляхов — Из истории ИЗМИРАНА . . .	56
---	----

ЭКСПЕДИЦИИ

Л. А. Панаиотов — Первый советский астрограф в южном полушарии . . .	62
--	----

ПО ВЫСТАВКАМ И МУЗЕЯМ

В. И. Кузьмин — Космическая выставка в Вене . . .	70
---	----

АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

И. Ф. Болгов — Средняя школа должна знакомить с геодезией . . .	76
---	----

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

И. Т. Зоткин — Если вы нашли метеорит . . .	77
А. П. Косянчук — Львовское общество юных любителей астрономии . . .	81
В. А. Бронштэн — Кометы в 1970 году . . .	82
В. С. Лазаревский — Карта видимых путей планет в январе — феврале 1970 года . . .	83

АСТРОНОМИЯ ДЛЯ НАЧИНАЮЩИХ

Г. Рей — Знакомьтесь, — звезды . . .	86
--------------------------------------	----

КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

В. А. Шишаков — Двадцатилетие «Школьного астрономического календаря» . . .	92
К. А. Куликов — «Астрономия» . . .	93
Тематический указатель статей . . .	94

НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Полет советской автоматической станции «Зонд-7» [6]; «Интеркосмос-1» на орбите дружбы [7]; Отвечаем на вопросы читателей [13]; Планеты звезды Барнарда! [20]; Гравитационные волны обнаружены [37]; Пробуждение... Испуг... Катастрофа! [45]; Подводная лаборатория «Черномор-2» [68].

На обложке: 1-я стр. — Фотография шарового звездного скопления ω Центавра (к статье Л. А. Панаиотова). 3-я стр. — Участок Млечного Пути в созвездии Киля (к статье Л. А. Панаиотова).

Внеземные цивилизации и

На первый взгляд кажется, что развитие методов астрономических исследований, использование мощной техники наблюдений, и в первую очередь радиоастрономической, рано или поздно позволит обнаружить другие цивилизации и наступит эра межцивилизационных контактов. А может быть, цивилизации уже давно находятся в поле зрения наших приборов, но мы их «не замечаем»? Может быть, другие миры совсем не похожи на наш и мы никогда не сможем их понять?

Самые важные и интересные проблемы современного естествознания требуют для своего решения совместных усилий очень многих отраслей науки. При этом, как правило, возникают новые научные дисциплины. Например, освоение космоса привело к созданию целого ряда новых наук. Это — и космическая биология, и космическая медицина, и космическая радиосвязь и многие другие.

Решение одной из самых сложных и, пожалуй, самых эффектных проблем астрономии — проблемы обнаружения других цивилизаций во Вселенной — требует вовлечения фундаментальных идей и понятий других современных наук, до сих пор имевших весьма отдаленное отношение к астрономии.

На основании ряда астрономических данных можно утверждать, что среди сотен миллиардов звезд, составляющих население нашей звездной системы — Галактики, должно быть большое число таких, у которых есть планетные системы. В свою очередь, среди этого множества планетных систем найдется достаточное число планет с условиями, подходящими для возникновения и развития высокоорганизованных форм материи, т. е. жизни и разума. Если же мы учтем, что кроме нашей Галактики в видимой части Вселенной наблюдается множество других галактик с таким же количеством звезд, как и в нашей, то утверждение о существовании многочисленных других обитаемых миров можно будет сде-

лать с еще большей уверенностью*. Этот вывод полностью согласуется с тем, что возникновение нашей земной цивилизации является результатом закономерного хода объективных процессов в природе, а не случайным и весьма маловероятным событием.

Но если другие космические цивилизации существуют, то как их обнаружить? Расстояния во Вселенной огромны. Даже ближайшую звезду от нашей планетной системы отделяют несколько световых лет. Но было бы слишком оптимистичным надеяться, что цивилизации существуют в соседних планетных системах. Подсчеты показывают, что среднее расстояние до ближайшей цивилизации, скорее всего, составляет сотни, а то и тысячи световых лет. На таких расстояниях оптическим телескопам, по-видимому, не под силу обнаружить какие-либо проявления деятельности обществ даже с самой развитой технологией. Иное дело — радиотелескопы.

Радио — наиболее надежное и удобное средство связи на дальние (в том числе и космические) расстояния. Можно ожидать, что на определенном этапе своего развития цивилизация неизбежно приходит к открытию и использованию средств радиосвязи. Если допустить также, что цивилизации во Вселенной стремятся к взаимным контак-

* Оценки числа цивилизаций во Вселенной даны в статье Л. М. Гиндилиса. О возможностях связи с внеземными цивилизациями. «Земля и Вселенная», № 1, 1965 г. (Прим. редакции.)

кибернетика

Б. Н. ПАНОВКИН

кандидат физико-математических наук



там, обмену информацией или (в случае очень высокоразвитых «сверхцивилизаций») ведут интенсивные радиопереговоры со своими космическими кораблями, бороздящими просторы Космоса, то можно попробовать обнаружить подобные цивилизации с помощью мощных и очень чувствительных радиотелескопов. Все это позволило несколько лет назад выдвинуть идею обнаружения космических цивилизаций радиоастрономическими методами.

Но вскоре возникло множество трудностей. До сих пор мы предполагали, что другие цивилизации очень похожи на нас. Действительно, чтобы расшифровать сигналы внеземной цивилизации, необходимо быть уверенным, что основные понятия и представления у этой цивилизации схожи с нашими, земными. Но ведь определенные представления и понятия формируются в результате развития в определенных условиях. И если закономерность возникновения в различных местах Вселенной высокоорганизованных форм материи кажется нам очевидной, то схожесть конкретных форм ее проявления представляется весьма сомнительной. С точки зрения современной науки, наивным и бездоказательным выглядит мнение о том, что любая «квазибиосфера» во Вселенной (т. е. среда с достаточно разнообразными условиями, благоприятными для возникновения высокоорганизованных систем) обязательно рано или поздно порождает «человекоподобный» разум, а за-

тем и технологически развитую цивилизацию, в общих чертах такую же, как и земная. Скорее всего, пути эволюции в различных местах Космоса резко отличаются друг от друга.

Послание от земноподобной цивилизации, в принципе, можно расшифровать. В этом случае системы понятий могут быть при известном ухищрении переданы в виде «радиограммы». Для принимающей цивилизации задача сводится к «угадыванию» смысла отдельных знаков в передаче, а для «передающей» цивилизации — к последовательному терпеливому обучению адресата словесному значению символов, которые иногда могут сопровождаться передачей изображений — своего рода «наглядными пособиями».

Но как обнаружить те цивилизации, которые не ищут контактов с себе подобными? Многие считают, что признаком космической цивилизации может быть космическое чудо, т. е. такое астрономическое явление, которое происходит с нарушением «естественных» физических законов. Иногда даже утверждается, что космическое чудо — это процесс, который не удастся объяснить существующими физическими моделями. Когда, например, были открыты пульсары — источники космического радиоизлучения с действительно необычными свойствами, то некоторые исследователи поспешили объявить их искусственными. Однако из того, что мы не можем пока построить тео-



рию, объясняющую происхождение какого-либо сложного явления, вовсе не следует, что перед нами — продукт деятельности разумных существ.

Какой же класс явлений мы можем отнести к «цивилизационным», какие вообще признаки достаточны, чтобы назвать изучаемый объект «цивилизацией»? Может быть, мы уже давно наблюдаем другие цивилизации, но не можем их «понять», квалифицировать как таковые.

Возникает проблема критерия искусственности. Проблема эта, вообще говоря, не астрономическая. Она решается с помощью методов и идей ряда научных дисциплин, которые объединяются под флагом кибернетики. Именно кибернетические методы позволяют классифицировать различные системы по уровню их организации и их функциональным способностям. В принципе (хотя эта задача еще очень далека от окончательного решения), можно найти в этой классификации место систем, похожих по своим «способностям» на земную цивилизацию, и, таким образом, не только дать четкое определение понятию цивилизация, но и установить, какие именно особенности в «поведении» системы характерны для цивилизаций. Это и решило бы вопрос об эффективном критерии искусственности. В класс космических цивилизаций попадут и «человекоподобные» цивилизации, и любые другие «формы разумного существования», если они обладают необходимым набором параметров, по которым мы могли бы судить о том, что перед нами действительно высокоспециализированная

система, способная к целесообразной деятельности. В духе современных кибернетических определений мы можем, например, условиться считать «разумом» или даже «цивилизацией» все те системы, которые не только «просто выживают» в своей среде, но и способны хранить и перерабатывать информацию в кодовой (знаковой) форме, умеют производить логические операции и использовать имеющиеся знания для направленной, заранее планируемой деятельности. Тогда мы не будем ограничены возможностью изучать только белковую форму жизни, искать только очень похожие на нас существа и надеяться на полное взаимопонимание. Но и построение надежной классификации «поведенческих» признаков (проблемы, как уже указывалось, еще не решенной) не устраняет всех трудностей. Возможность оперировать набором критериев искусственности имела бы решающее значение лишь в том случае, если мы могли бы изучать поведение объектов или экспериментировать над ними.

Метод изучения объекта с неизвестными свойствами при имеющихся критериях принадлежности его к тому или иному классу характерен для кибернетики и называется методом черного ящика. Под черным ящиком подразумевается исследуемый объект, у которого есть «входы», т. е. возможность оказывать на него внешние воздействия или наблюдать их, и «выходы» — ответные реакции черного ящика на внешние воздействия. Предполагается, что исследователь не может непосредственно изучать внутреннее строение объекта. Если



нам удастся изучить законы связи «входов» (воздействий) с «выходами» (реакциями), то, в принципе, можно установить, что представляет собой черный ящик и создать достаточно точную модель, объясняющую его устройство.

Однако в случае проблемы внеземных цивилизаций «нормальную» ситуацию изучения черного ящика мы имели бы только при непосредственном наблюдении взаимодействия цивилизации с окружающей ее средой. Подобная ситуация пока реализуется лишь в научно-фантастической литературе, когда прилетевшие на далекую галактическую планету космонавты встречаются с формами жизни, непохожими на земные. Космонавты должны решить, какие именно объекты считать «живыми» и «разумными». Существует возможность воздействовать на «входы» изучаемых систем различными экспериментальными методами, в том числе и «смысловыми», т. е. попытаться вести «переговоры». Возможны также длительные наблюдения реакций объектов на разнообразные внешние влияния среды.

Но пока исследователи, стремящиеся обнаружить с Земли «молчащую» космическую цивилизацию, поставлены в гораздо худшие условия. Они вынуждены изучать черные ящики «без входов». Астроном лишен возможности экспериментировать с объектом, менять условия его существования. Он может лишь исследовать электромагнитное излучение, в котором «входные воздействия» и «выходные реакции» будут «перепутаны» в сложную последовательность сигналов.

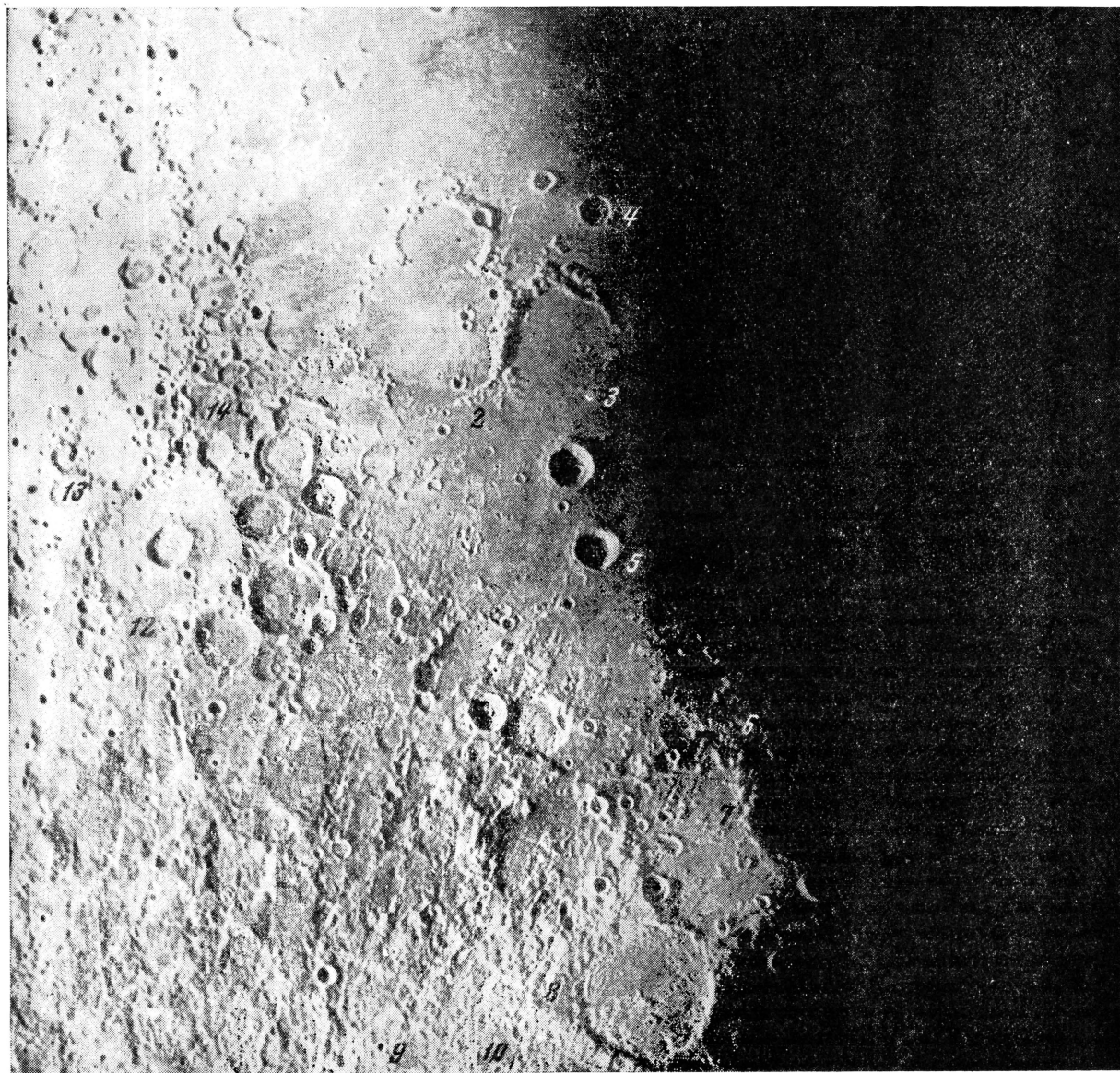
В некоторых случаях в излучении таких черных ящиков «без входов» можно обнаружить специфические свойства, свидетельствующие об определенном уровне организации излучающего объекта. Но даже обнаружив в космических сигналах различные специфические свойства, разумеется, нельзя будет сразу ответить на вопрос, принадлежит ли объект к классу «цивилизаций». Удастся определить, например, что объект обладает «большими способностями», чем «простой физический» объект. А это уже было бы весьма важным открытием новых по своему качеству явлений в Космосе.

При таком подходе исключается неопределенность толкования явлений с точки зрения какое оно — «искусственное» или «естественное». О каждом явлении можно будет сказать, что оно свидетельствует о конкретных особенностях порождающего его механизма. Если мы сможем доказать, что особенности эти характеризуют «цивилизационную систему», то тогда, и только тогда, можно будет утверждать, что мы ее обнаружили.

Таким образом, кибернетические методы при разумном использовании, несомненно, обогащают возможности всестороннего изучения космических объектов. По-видимому, теоретическая кибернетика для проблемы внеземных цивилизаций будет играть ту же роль, что и теоретическая физика для современной астрофизики. Во всяком случае, привлечение кибернетических идей и методов к проблеме поисков других цивилизаций имеет принципиальное значение.



Полет советской автоматической станции «Зонд-7»



К НАЧАЛУ СЕАНСА ФОТОГРАФИРОВАНИЯ станция находилась на расстоянии 10 000 км от Луны. Левая часть лунной поверхности ярко освещена Солнцем. Правая часть затемнена. Четко выделяются наиболее крупные образования в Океане Бурь: цирки Рессел (1) и Струве (2). С запада их огибают горы Герцинские, к востоку от цирка Эддингтон (3) на терминаторе просматривается вал кратера Селевк, к северу — кратер Бригс (4), а к югу видны кратеры Крафт и Кардан (5). В южной части снимка едва проглядывают валы цирков Кавальери (6) и Гевелий (7). В правом нижнем

углу видно обширное дно цирка Гримальди, а северо-западнее расположены цирки Гедин и Риччиоли (8). Примерно посредине снимка с севера на юг проходит граница видимой (слева) и невидимой (справа) с Земли стороны Луны. В самой нижней части снимка виден кратер Шлютер (9). Правее — находится цирк Хартвиц (10). В средней части замечен цирк Васко да Гама (11), западнее которого расположен двойной цирк Эйштейн (12), а севернее — цирки Мосли (13) и Бальбоа (14). По долготе на поверхности Луны снимок охватывает около 30° , а по широте около 40°

8 августа 1969 г. в Советском Союзе с помощью мощной ракеты-носителя была запущена автоматическая станция «Зонд-7». Цель запуска — дальнейшее изучение Луны и окололунного пространства, фотографирование Луны и Земли, а также дальнейшая отработка усовершенствованных бортовых систем, агрегатов и конструкции ракетно-космического комплекса.

Сначала станция была выведена на орбиту искусственного спутника Земли, ориентирована в пространстве, а затем после включения в расчетное время разгонного блока вышла на траекторию полета к Луне. 11 августа после проведения коррекции траектории станция совершила облет Луны.

Успешно выполнив большую программу научно-технических исследований и экспериментов, станция 14 августа совершила управляемый спуск в атмосфере Земли и мягкую посадку в заданном районе территории Советского Союза южнее г. Кустаная.

Спуск станции «Зонд-7» в атмосфере Земли проходил по траектории с использованием аэродинамической подъемной силы. Перед входом в атмосферу по команде программно-временного устройства от станции отделился спускаемый аппарат. После двойного погружения в атмосферу в результате аэродинамического торможения скорость полета спускаемого аппарата была снижена

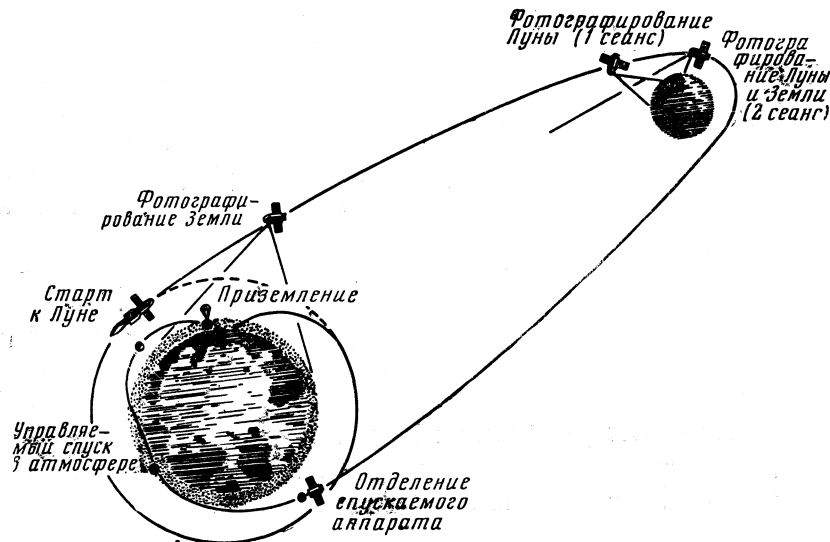


СХЕМА ФОТОГРАФИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ И ЛУНЫ по траектории полета станции «Зонд-7»

от второй космической (более 11 км/сек) до 200 м/сек. На высоте 7,5 км была введена в действие парашютная система. Непосредственно перед приземлением автоматически включились двигатели мягкой посадки.

Полет станции «Зонд-7» позволил получить новые данные о физических характеристиках космического пространства, новые фотографии Земли и Луны при различных расстояниях станции от этих небесных тел, а также новые опытные данные о работоспособности бортовых систем и агрегатов станции: системы управления движением с использованием бор-

товой электронной вычислительной машины; высокоточных систем астрориентации; бортовой аппаратуры дальней радиосвязи для приема и передачи информации со станции и регистрации параметров ее движения; телеметрической системы для контроля функционирования бортовых систем станций; средств радиационной защиты космических кораблей и контроля доз радиации внутри спускаемого аппарата.

В нашей стране сделан новый шаг в отработке космических средств для всестороннего изучения Луны и окололунного пространства.

«ИНТЕРКОСМОС-1» НА ОРБИТЕ ДРУЖБЫ

14 октября 1969 г. в Советском Союзе в соответствии с программой сотрудничества социалистических стран по исследованию и использованию космического пространства в мирных целях произведен запуск искусственного спутника Земли «Интеркосмос-1».

Спутник предназначен для исследования ультрафиолетового и рентгеновского излучений Солнца и их влияния на структуру высоких слоев атмосферы.

«Интеркосмос-1» выведен на

орбиту с параметрами: минимальное расстояние от поверхности Земли (в перигее) — 260 км, максимальное (в апогее) — 640 км, начальный период обращения — 93,3 минуты; наклонение орбиты — 48,4°.

На борту спутника установлена научная аппаратура, разработанная и изготовленная в ГДР, СССР, ЧССР.

Одновременно с измерениями на спутнике «Интеркосмос-1», обсерватории НРБ, ВНР, ГДР, ПНР,

СРР, СССР и ЧССР проводят радиоастрономические, ионосферные и оптические наблюдения по согласованной программе.

Установленная на спутнике научная аппаратура работает нормально. Научные организации стран — участниц совместного эксперимента ведут обработку поступающей информации.

Запуск спутника «Интеркосмос-1» является символом братской дружбы и сотрудничества социалистических стран.

ВЫМЕРШИЕ ИЗОТОПЫ

В ИСТОРИИ СОЛНЕЧНОЙ

Химическая история Земли и тел солнечной системы связана не только с сохранившимися радиоактивными элементами — ураном, торием и калием-40, но и с исчезнувшими, как бы «вымершими» радиоактивными изотопами.

Окружающая нас земная среда сложена преимущественно из устойчивых атомов химических элементов. Неустойчивые «вымирающие» радиоактивные элементы, такие как уран, торий и генетически связанные с ними недолговечные изотопы протактиния, актиния, радия, франция, радона, астатина и полония встречаются в земной коре и метеоритах в крайне небольшом количестве. Однако на ранних этапах развития солнечной системы в ее телах могли присутствовать многочисленные неустойчивые изотопы, которые в соответствии со скоростью своего распада разрушились и превратились в устойчивые атомы ныне существующих химических элементов. Некоторые из этих вымерших радиоактивных изотопов могли войти в состав нашей планеты на заре ее развития.

Еще в 1937 г. один из выдающихся основоположников геохимии В. И. Вернадский говорил: «Не было ли времени, когда на Земле существовали атомы и химические реакции, ныне в ней отсутствующие, — элементы № 61, 83, 87, 93, 94, 95, 96? Не исчезли ли они уже в главной своей массе к нашей эпохе? Во что, кроме гелия, они превратились? И не было ли времени, когда поверхность планеты — в доархейское время — была расплавлена благодаря радиогенному теплу?»

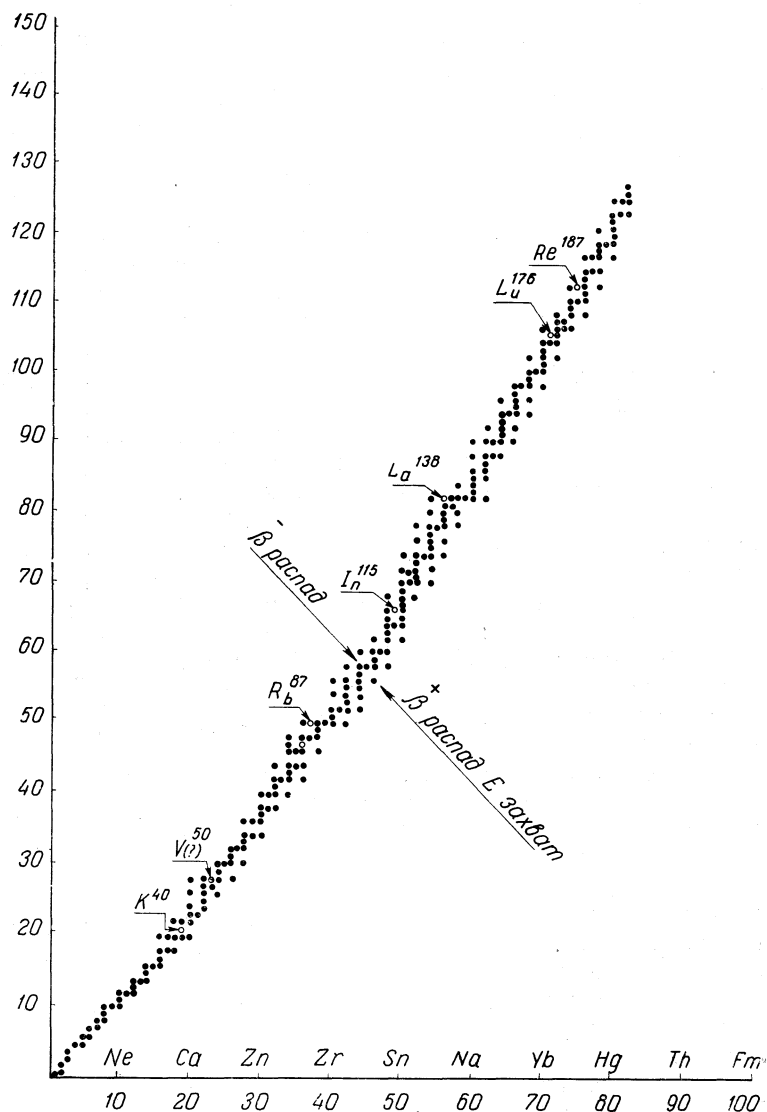
Вполне вероятно, что вскоре после того как в условиях фантастических давлений и температур создавались химические элементы солнечной системы, уже существовали

многочисленные изотопы, включая изотопы трансурановых элементов. Постепенно они распались. И только наиболее долговечные из них, такие как изотопы урана U, тория Th, калия K^{40} и другие сохранились до настоящего времени.

Известные в настоящее время химические элементы сложены изотопами — атомами с разными массами от 1 (водород H) до 260 (курчатовий Ku). В изученной оболочке Земли и метеоритах отсутствуют элементы с номерами 43 (технеций Tc) и 61 (прометий Pm). В радиоактивных минералах встречаются следы элементов с номерами 85 (астат At) и 87 (франций Fr) как побочные недолговечные продукты распада радиоактивных рядов урана и тория. Практически отсутствуют на Земле трансурановые элементы с номерами свыше 92. Неустойчивостью перечисленных элементов объясняется, в основном, их столь незначительная распространенность. Все они радиоактивны и обладают небольшой продолжительностью жизни. Возможно, что именно эти элементы (точнее, некоторые их изотопы) существовали на заре развития Земли и солнечной системы, а позже превратились в устойчивые изотопы других элементов. Уместно вспомнить здесь идею Э. Резерфорда о том, что все известные элементы, — по существу, устойчивые остатки многочисленных вымерших тяжелых элементов, подобных урану и торию, которые в будущем также должны исчезнуть, оставив после себя свинец и гелий.

СИСТЕМЫ

Г. В. ВОИТКЕВИЧ
профессор



УСТОЙЧИВЫЕ ИЗОБАРЫ ОТЛИЧАЮТСЯ строго определенным соотношением нейтронов и протонов. Эти стабильные нейтронно-протонные соотношения располагаются на рисунке в виде узкой полосы (на осях координат — количество нейтронов и протонов в ядре). Если в ядре имеется избыточное, против стабильного, количество нейтронов, то такое ядро будет испытывать β^- -распад. Если же имеется избыточное число протонов, то будет происходить позитронный β^+ -распад или E-захват. Если ядро по соотношению нейтронов и протонов будет находиться слева от стабильной полосы, то путем β -превращений оно войдет в эту полосу. Изотопы, находящиеся справа от стабильной полосы, будут подвергаться β^+ -превращениям до приобретения устойчивого нейтронно-протонного соотношения

Сейчас можно говорить о вымерших химических элементах и их изотопах, а также искать следы их бывшего существования в изотопных соотношениях устойчивых элементов.

К настоящему времени удалось синтезировать свыше 1000 искусственных изотопов. Всего известно сейчас около 1400 изотопов. Из них 270 относятся к сравнительно устойчивым, а остальные — к радиоактивным с различными скоростями распада. Для правильного суждения о существовании многих радиоактивных элементов в прошлом и для отыскания их следов в покровах Земли и метеоритах, нужно учитывать некоторые основные черты радиоактивных превращений.

Естественные радиоактивные превращения атомных ядер изучены достаточно хорошо. Известны также условия устойчивости стабильных ядер, которые определяют природу любого химического элемента. К типам самопроизвольных — спонтанных ядерных превращений относятся: α -распад, осколочное деление, β -распад и E -электронный захват. Вымершие изотопы в истории солнечной системы должны были обладать одним из перечисленных типов распада.

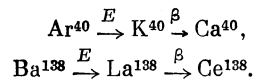
α -распад сопровождается выбросом α -частицы, что приводит к уменьшению атомного номера элемента (Z) на 2 единицы и массового числа (A) на 4 единицы.

Осколочное деление заключается в самопроизвольном раскалывании ядер на две неравные части. Продукты распада соответствуют элементам середины периодической системы, поскольку спонтанное деление характерно для урана и трансурановых элементов. Деление урана — это медленный процесс. Так, период полураспада изотопа U^{238} составляет $8 \cdot 10^{15}$ лет. Однако некоторые искусственно полученные трансурановые изотопы тяжелее калифорния Cf ($Z = 98$) распадаются в результате осколочного деления значительно скорее, чем при α -распаде. В общем, можно считать, что α -распад и спонтанное осколочное деление были главными причинами, определившими быстрое вымирание трансурановых элементов и их отсутствие в современную эпоху в веществе Земли.

β -распад заключается в самопроизвольном испускании электронов ядрами элементов. Превращение атомов при β -распаде определяется правилом сдвига: новый элемент в периодической системе Д. И. Менделеева занимает соседнюю клетку вправо от родоначального β -активного элемента. Порядковый номер элемента увеличивается на еди-

ницу без изменения массового числа (A). Установлено, что в атомных ядрах свободные электроны отсутствуют, поэтому процесс β -распада можно рассматривать как разложение одного из ядерных нейтронов на протон и электрон.

Процесс электронного захвата как бы противоположен β -распаду: электрон, находящийся во внешней оболочке атома, поглощается ядром. При этом атомный номер (Z) элемента уменьшается на единицу. Элемент в таблице Менделеева передвинется на одну клетку влево. В природе встречаются изотопы, которые одновременно испытывают β -распад и E -захват, например, калий-40 и лантан-138. Их распад происходит по схемам:



Как видно из схемы, продуктами этого процесса будут аргон-40 и кальций-40, барий-138 и церий-138.

В данном случае мы имеем дело с изобарами, которые представляют собой ядра с одинаковым числом нуклонов (массовым числом), но отличаются разным соотношением протонов и нейтронов. При β -распаде и E -захвате массовое число не меняется. Неизменно оно также и при позитронном распаде — β -распаде, который уменьшает заряд ядра на единицу.

Все типы радиоактивных превращений подчиняются известному закону радиоактивного распада: количество распавшихся атомов за единицу времени пропорционально начальному числу атомов, т. е.

$$N = N_0 e^{-\lambda t},$$

где N — число атомов радиоактивного изотопа в момент времени t ; N_0 — начальное число атомов для момента $t = 0$; e — основание натуральных логарифмов; λ — индивидуальная для каждого радиоактивного изотопа величина — константа распада или радиоактивная постоянная.

Для характеристики скорости распада вводят понятие о периоде полураспада, который равен тому времени, в течение которого любое количество радиоактивных атомов уменьшается наполовину первоначального количества. Известные многочисленные радиоактивные изотопы обладают удивительными свойствами. Период полураспада их колеблется в необычайно широких пределах — от сотых долей секунды и менее до десятков миллиардов лет. Наибольшее число радиоактивных изотопов имеет периоды полураспада от 30 секунд до 10 дней.

В раннюю эпоху формирования нашей планеты в ее состав могли войти короткоживущие радиоактивные атомы — аналоги тех, которые искусственно получены в лабораториях. Проблема происхождения химических элементов солнечной системы еще не решена, но некоторые основные черты естественного синтеза элементов мы можем представить себе в общих чертах.

Построение ядер при увеличении числа их составных частей может происходить либо путем слияния заряженных частиц (протонов, α -частиц) друг с другом и вновь образованными ядрами, либо путем последовательного добавления нейтральных частиц (нейтронов). Условия, необходимые для этих процессов, создаются в недрах звезд. Если ведущее значение имело присоединение протонов, то возникали ядра с избыточным содержанием протонов. Если превалировал последовательный захват нейтронов, то возникали ядра, максимально обогащенные нейтронами.

При любом способе естественного синтеза элементов образуются радиоактивные изотопы. Большинство недолговечных радиоизо-

РАДИОИЗОТОПЫ С ПЕРИОДОМ ПОЛУРАСПАДА БОЛЕЕ 10^6 ЛЕТ

Радиоактивный изотоп	Период полураспада в годах	Тип распада	Продукт распада	
			стабильный изотоп	распространенность в элементе (в %)
Палладий — Pd^{107}	$7 \cdot 10^6$	β	Ag^{107}	51,35
Иод — I^{129}	$1,72 \cdot 10^7$	β	Xe^{129}	26,44
Самарий — Sm^{143}	$5 \cdot 10^7$	α	Nd^{142}	27,13
Свинец — Pb^{205}	$5 \cdot 10^7$	E	Tl^{205}	70,50
Уран — U^{235}	$2,39 \cdot 10^7$	α	$\text{Th}^{232} *$	100,00
Плутоний — Pu^{244}	$7,7 \cdot 10^7$	α		
Кюрий — Cm^{247}	$1,64 \cdot 10^7$	α		

* Радиоактивный изотоп с периодом полураспада $1,39 \cdot 10^{10}$ лет.

топов распалось в первые десятки лет существования, но изотопы с периодами полураспада порядка 10^6 — 10^8 лет могли войти в состав молодых планет, Земли и метеоритов, чтобы там дожить свои последние дни, как доживают в современную эпоху изотопы калия (K^{40}), урана U^{235} и др. Конечно, мы еще, по-видимому, знаем не все радиоактивные изотопы с периодом полураспада свыше 10^6 лет, но некоторые из них известны. Поиски бывшего существования таких изотопов частично привели к обнадеживающим результатам. Представляется довольно вероятным, что в начале образования планет солнечной системы могли существовать в ощутимых количествах радиоизотопы с периодами полураспада свыше 10^6 лет (см. таблицу).

Доказательства прошлого существования ныне вымерших радиоактивных изотопов в веществе Земли следует искать в продуктах их распада. Они могут находиться в древнейших участках суши, где, по геохимическим данным, возможна наибольшая концентрация вымерших радиоизотопов. Изучение изотопного состава химических элементов метеоритов (поскольку они представляют собой древнейшие твердые тела солнечной системы) приобретает особо важное значение для уяснения представлений о вымерших в глубокой древности радиоактивных изотопах.

Палладий-107 и шесть других его стабильных изотопов обладают свойствами сидерофильного элемента, т. е. они максимально концентрируются в металлическом железе. Несмотря на низкую распространенность, палладий преимущественно накапливается в железных метеоритах, где он преобладает

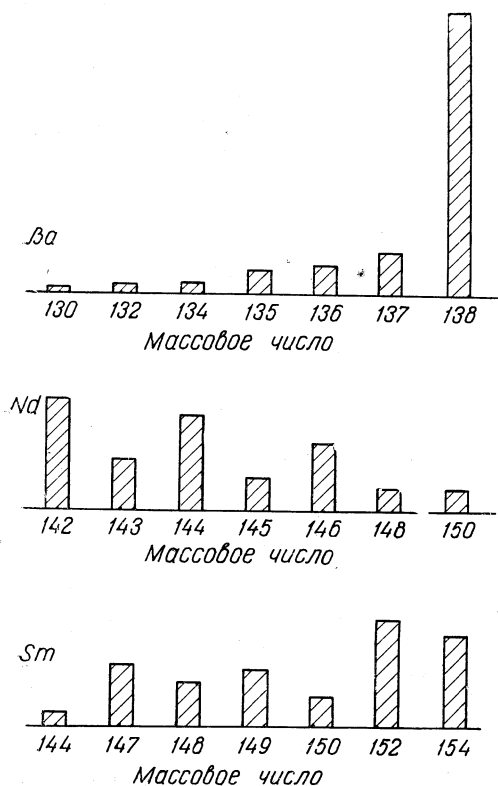


ДИАГРАММА СООТНОШЕНИЙ некоторых тяжелых стабильных изотопов

над серебром. Так, величина отношения Pd/Ag в различных железных метеоритах колеблется от 30 до 900.

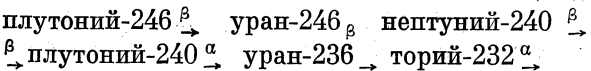
Продуктом радиоактивного распада иода-129 является изотоп ксенона (Xe^{129}), встречающийся в ксеноне земной атмосферы. Так, из девяти изотопов ксенона, изотоп Xe^{129} по распространенности занимает второе место, уступая только Xe^{132} . Повышенное содержание изотопа Xe^{129} встречается в метеоритах.

Повышенное содержание Xe^{129} сопровождается повышенным содержанием изотопа иода (I^{127}). Это связано с тем, что вымерший радиоактивный иод (I^{129}) имел одинаковые химические свойства с другими изотопами иода и накапливался вместе с ними в отдельных частях каменных метеоритов. В настоящее время не остается сомнений в том, что решающее значение в повышенной распространенности Xe^{129} имел продукт радиоактивного распада вымершего I^{129} , который окончательно исчез на ранних стадиях существования метеоритов. Другие изотопы ксенона дают также заметные вариации содержания, названные «общими аномалиями», и, по всей вероятности, имеют отношение к спонтанному осколочному делению трансурановых элементов.

В результате α -распада самария-146 образуется изотоп неодима Nd-142, который в веществе Земли более распространен, чем остальные шесть изотопов неодима. Такое свойство Nd-142 аномально для изотопов средних и тяжелых элементов. Так, у элементов тяжелее циркония ($Z = 40$) обычно преобладают тяжелые изотопы с повышенным содержанием нейтронов.

Радиоактивный свинец Pb^{205} способен превращаться в изотоп таллия — Tl^{205} . В обычном таллии этот изотоп содержится почти в 3 раза больше, чем второй стабильный изотоп таллия — Tl^{203} .

Уран-236 относится к радиоактивному семейству тория и, возможно, что значительная часть изотопа тория Th^{232} образовалась от его распада. Однако в действительности семейство тория довольно обширно и включает также изотопы трансурановых элементов. Так, например, известна следующая цепочка распада:



Повышенная распространенность тория, сравнимая с распространенностью ряда редких тяжелых элементов, может быть связана с распадом указанной цепочки трансура-

дов, хотя сейчас трудно найти доказательства для этого предположения.

Однако трансурановые элементы подвергаются еще спонтанному осколочному делению. Для многих изотопов трансурановых элементов этот процесс представляет основной вид распада. Наиболее обильны продуктами деления изотопы середины периодической системы. Более легкие продукты деления относятся чаще всего к изотопам элементов: криптона Kr, рубидия Rb, стронция Sr, иттрия Y, циркония Zr, ниобия Nb, молибдена Mo; технеция Tc, рутения Ru, радия Rh, палладия Pd, серебра Ag. Более тяжелые осколки соответствуют изотопам элементов: теллура Te, йода I, ксенона Xe, цезия Cs, бария Ba, лантана La, церия Ce, празеодима Pr, неодима Nd, прометия Pm, самария Sm, европия Eu, гадолиния Gd. Поэтому в изотопном составе перечисленных элементов, и особенно у малораспространенного ксенона, следует искать следы распада трансурановых элементов, существовавших в далеком прошлом.

Академик В. Г. Хлопин еще в 1949—1950 гг. произвел расчеты, показывающие, что часть ксенона земной атмосферы произошла в результате спонтанного деления урана. В изотопном составе ксенона метеоритов наблюдаются определенные различия. Кроме резко выраженного повышенного содержания Xe^{129} (например, в метеорите Индарх) отмечается повышенное количество тяжелых изотопов ксенона Xe^{131} , Xe^{132} , Xe^{134} , Xe^{136} , соответствующих продуктам осколочного деления тяжелых ядер.

К наиболее долгоживущим трансурановым изотопам относятся плутоний-244 и кюрий-247. Они могли существовать до начала образования Земли и эпохи дифференциации планетного материала. В каком-то ничтожном количестве эти изотопы могли сохраниться и до настоящего времени. В результате дифференциации вещества планет трансурановые элементы, которые обладают геохимическими свойствами, близкими к торью, урану и редким землям, накапливались преимущественно в силикатном материале, во внешних частях планет. При дегазации вещества планеты во время ее радиогенного разогрева часть «осколочного» ксенона поступила в атмосферу, сохранив в своем изотопном составе следы самого процесса деления.

Особый интерес представляет положительная аномалия тяжелых изотопов ксенона в образце метеорита Пасамонте. Возраст этого метеорита (по содержанию Xe^{136} и U^{238}) определен в $2 \cdot 10^{10}$ лет. Эта величина завы-

шена, так как в действительности возраст метеорита Пасамонте (по данным стронциевого и аргонового методов) не превышает 4,54 · 10⁹ лет.

Советские исследователи В. В. Чердынцев и В. Ф. Михайлов в 1963 г. обнаружили в некоторых природных телах неизвестный излучатель α-частиц. Они предположили, что неизвестный радиоактивный элемент связан с распадом трансуранового изотопа кюрия (Cm²⁴⁷), период распада которого оставался измеренным к тому времени недостаточно точно. Г. Везерилл, В. Либби и Г. Бартон (США) произвели масс-спектрометрическим методом анализ концентрата, извлеченного из редкоземельного минерала эвксенита, и нашли в нем менее 10⁻¹⁴ г Cm²⁴⁷ на 1 г редкоземельных элементов.

Какой же вывод можно сделать из сказанного выше?

Химическая история Земли и других тел солнечной системы связана с радиоактивным распадом не только ныне сохранившихся радиоактивных элементов урана, тория и калия-40, но, по всей вероятности, также и

вымерших радиоактивных изотопов. Большая часть их распалась в эпоху синтеза атомных ядер, и только незначительная часть дожила до эпохи формирования нашей планетной системы. Следы былого существования вымерших изотопов мы сейчас улавливаем в изотопном составе стабильных элементов. Но эти следы еще недостаточно ясны и только недавно стали обстоятельно изучаться. Прогресс измерительной техники масс-спектрометрии, позволяющей производить исследования изотопного состава элементов из древнейших участков суши и метеоритов, в ближайшее время внесет много нового в решение проблемы ядерной эволюции вещества солнечной системы. Эта эволюция включала как образование, так и распад атомов химических элементов.

Можно полагать, что химический состав Земли и других тел солнечной системы отражает наиболее устойчивый остаток той древней космической системы, в которой происходило образование многочисленных радиоактивных изотопов как вымерших в прошлом, так и сохранившихся до настоящего времени.

ОТВЕЧАЕМ НА ВОПРОСЫ ЧИТАТЕЛЕЙ

В своем письме читатель нашего журнала А. С. Буланцев (Ленинград) просит объяснить, что такое «предел Роша».

На этот вопрос отвечает кандидат физико-математических наук В. А. Бронштэн.

Представим себе, что спутник находится на сравнительно близком расстоянии от планеты. Кроме общего ускорения тяготения планеты, приложенного к центру масс спутника и определяющего его движение вокруг планеты, приходится рассматривать и так называемое приливное ускорение, влияющее на фигуру спутника.

Напомним, что приливное ускорение есть разность ускорений, сообщаемых данному телу (спутнику) и частицам его внешних оболочек (например, коры) притяжением внешнего тела (планеты). Приливное ускорение а_п

прямо пропорционально массе возмущающего тела M , радиусу возмущаемого тела r и обратно пропорционально кубу расстояния R между ними:

$$a_{\text{п}} = k \frac{2Mr}{R^3},$$

где k — постоянная тяготения. Из формулы видно, что приливные силы должны быстро возрастать с сокращением расстояния между телами.

Эта формула не совсем точна. Более строгое рассмотрение вопроса позволило французскому астроному-теоретику Эдуару Рошу установить в 1850 г. понятие критического расстояния, получившего название «предел Роша». Любое тело, находящееся от тяготеющей массы (Солнца, звезды, планеты) дальше этого предела, будет сохранять устойчивую фигуру, несмотря на приливные возмущения. Но если тело войдет внутрь «опасной зоны», т. е. окажется ближе предела Роша, его устойчивость будет нарушена и

оно может быть разорвано на части приливными силами.

Величина предела Роша зависит от соотношения плотностей обоих тел. Если плотности этих тел равны, то предел Роша составляет 2,455 радиуса центрального тела (отсчитывая от центра). Если плотность центрального тела больше, то и предел Роша будет дальше (пропорционально кубическому корню из отношения плотностей). Так, для системы Земля — Луна предел Роша лежит на расстоянии 2,87 земного радиуса от центра Земли.

Замечательной иллюстрацией предела Роша в солнечной системе являются кольца Сатурна. Они расположены от планеты на расстояниях 1,28—2,38 радиуса Сатурна, т. е. заведомо внутри предела Роша. Открытый в декабре 1966 г. спутник Сатурна Янус находится уже на расстоянии 2,65 радиуса планеты, т. е. вне предела Роша. Здесь, в отличие от области колец, уже мог сформироваться твердый спутник.

Внешние слои и внутреннее строение звезд

П. ЛЕДУ
профессор

Как влияют внешние области звезды на физические условия и строение ее глубоких недр! — На этот вопрос, ставший очень актуальным в теории внутреннего строения звезд, попытался ответить бельгийский астроном П. Леду в обзорном докладе на XIII съезде МАС.

Проблема связи внутреннего строения звезды со свойствами ее внешних слоев — одна из фундаментальных в теоретической астрофизике. Ее решение дает нам ценные сведения о массах и светимостях звезд, а в некоторых, довольно редких, случаях — об их радиусах и законе изменения плотности к центру. Быть может, в недалеком будущем благодаря нейтрину мы более точно узнаем, какие ядерные реакции протекают в недрах Солнца. Но пока все наши представления о внутреннем строении звезд основаны на экстраполяции в глубь звезды условий, непосредственно наблюдаемых в ее самых внешних слоях, масса которых составляет лишь ничтожную долю общей массы звезды.

Представим себе, что химический состав звезды нам известен: либо он однородный и такой же, как состав атмосферы звезды, либо изменяется с глубиной по определенному закону. Допустим также, что мы располагаем всеми необходимыми физическими законами (общими уравнениями состояния, непрозрачности, скорости выделения энергии) и умеем оценивать относительный вклад различных способов переноса энергии в любой точке. В этом случае построение модели звезды с массой M , находящейся в гидростатическом или квазистатическом равновесии, математически сводится к поискам решения (или решений) системы дифференциальных уравнений, куда в качестве параметров вхо-

дят радиус звезды R и ее светимость L . Это (или эти) решение должно удовлетворять двум граничным условиям в центре и двум на поверхности звезды.

Значительный опыт, накопленный в области построения звездных моделей, особенно благодаря применению электронно-счетных машин, показывает, что решение всегда существует и почти всегда является единственным, однако оно весьма чувствительно к граничным условиям. Это заметно даже на самых простых моделях звезд, определяемых политропным соотношением $P = K\rho^\gamma$, где P — давление, ρ — плотность, γ — показатель политропы, K — коэффициент пропорциональности.

Заменим температуру T ее отношением к температуре в центре звезды T_c ($\theta = T/T_c$). Тогда давление P и плотность ρ вещества звезды можно выразить в функции этой относительной температуры θ : $P = P\theta^{n+1}$, $\rho = \rho_c\theta^n$ (P_c и ρ_c — давление и плотность в центре звезды). Предположим, что на поверхности звезды $\theta=0$ (т. е. $P=\rho=T=0$). Заменим расстояние от центра звезды некоторой вспомогательной переменной ξ , введенной Р. Эмденом и учитывающей неоднородность звезды, причем в центре $\xi_c = 0$, а на поверхности $\xi_s = 1$. Решения, которые мы будем строить отсюда в глубь звезды, могут быть разных типов, в зависимости от скорости изменения θ с изменением ξ . При определенном значении этой скорости у поверхности звезды получим так называемое ре-

Сокращенный перевод с французского В. А. Бронштана.

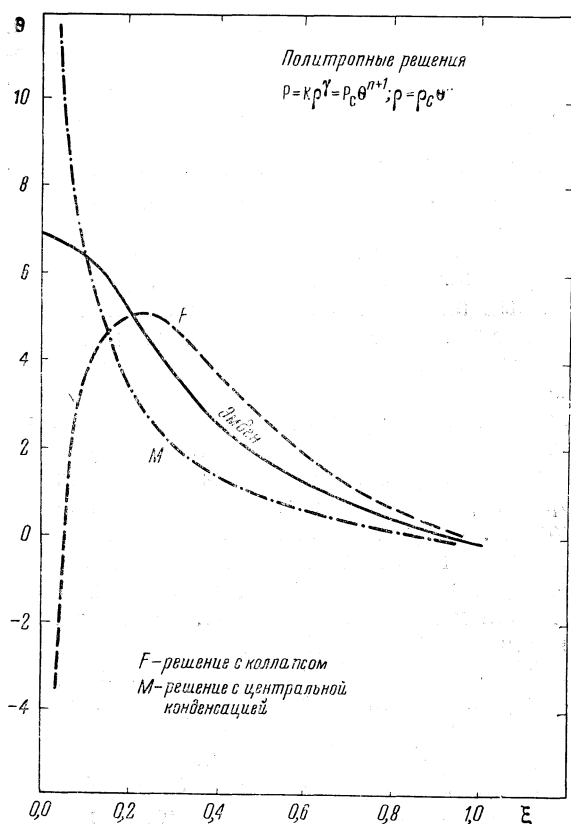


СХЕМА РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ политропных решений, представляющих изменение температуры в недрах звезды с глубиной. θ — отношение температуры к ее значению в центре звезды — характеризует изменение количества вещества от центра ($\xi_c = 0$) до поверхности звезды ($\xi_s = 1$)

шение Эмдена: величины θ , P , ρ , T монотонно растут к центру, где достигают конечных значений, причем изображающие их кривые плавно приближаются к этим значениям. При меньших начальных скоростях изменения θ с изменением ξ на поверхности, решения в центре стремятся к бесконечности и носят название М-решений, или решений с центральным сжатием, тогда как для начальных значений, превосходящих эмденовское, решения стремятся снова обратиться в нуль, еще не достигая центра звезды; они получили название F-решений, или решений типа коллапса.

Решения обоих типов были известны Р. Эмдену еще 60 лет назад, но их обсуждение во многом обязано тому интересу, который проявил к ним Э. Милн. В начале 30-х годов, когда физических данных было недостаточно, исследование этих решений указывало, как казалось Милну, на необходимость

изменить взгляды на внутреннее строение звезд. И хотя эта крайняя точка зрения не нашла подтверждения, некоторые результаты исследований Милна привели к важным усовершенствованиям теории.

Рассмотрим один частный вопрос: составные модели, в которых ядро и оболочка звезды имеют различное строение, и нужно «сшить» полученные для них решения. Оказывается, если показатель политропы γ у оболочки меньше, чем у ядра, то «сшивание» возможно только в том случае, когда решение для внешней зоны «центрально-сжатое». Значение K в соотношении $P = K \rho^\gamma$ позволяет выделить те решения, которые допускают «сшивание».

Строение глубинных слоев звезды во многом определяется условиями в ее наружных слоях и, в частности, ионизацией водорода*. Еще в 1930 г. А. Унзольт отметил, что ионизация водорода может заметно уменьшить эффективное отношение теплоемкостей при постоянном давлении и постоянном объеме. А это в свою очередь может породить мощную конвективную неустойчивость в подфотосферных слоях звезд, имеющих не очень высокую эффективную температуру (ниже $10\,000^\circ\text{K}$). Унзольт нашел, что на Солнце конвекция должна проявить себя уже на сравнительно малых оптических глубинах (порядка 3), и не замедлил связать с этим происхождение грануляции.

Открытие, сделанное Унзольдом, привлекло всеобщее внимание. В дальнейшем конвективной зоне приписывалось все большее значение. Это происходило по мере того, как, во-первых, подтверждалось, что в звездах преобладает водород и, во-вторых, выяснялось, что непрозрачность звездной материи при низких температурах (меньше $10\,000^\circ\text{K}$) вызвана поглощением отрицательными ионами водорода. Точные расчеты показали, что поглощательная способность быстро растет с температурой, а это еще более ускоряет появление конвективной неустойчивости на небольшой глубине.

Вначале считали, что наружные слои звезд находятся в состоянии лучистого равновесия, а конвективная неустойчивость, связанная с ионизацией водорода, ограничена относительно узкой зоной. Однако Л. Бирман показал, что зона ионизации водорода может простираться гораздо глубже, чем предпола-

*Здесь и далее мы говорим о влиянии ионизации водорода, хотя ясно, что ионизация другого элемента, например гелия, также может иметь последствия, причем различные у звезд разных типов.

галось ранее. Конвекция, раз установившись, уменьшает градиент температуры, что смещает вниз область ионизации. Обусловленные конвекцией сравнительно низкие температуры при данных плотностях и давлениях значительно уменьшают вклад потока излучения в общий перенос энергии, так что конвекция сохраняется до значительных глубин. При этом она оказывается столь эффективной, что распределение физических условий приближается к адиабатическому и соответствует (если давление излучения пренебрежимо мало) одному из политропных решений:

$$n = 3/2, P = K\rho^{5/3} = QT^{5/2}.$$

Не так обстоит дело в верхней части конвективной водородной зоны. Здесь конвекция менее эффективна, так как теплоемкость вещества звезды понижается, прозрачность материи возрастает, а скорость звука — верхняя граница скоростей конвективных движений — довольно низка. Градиенты температуры и плотности зависят от соотношения между лучистым и конвективным потоками, которые могут быть оценены из известных физических условий. К сожалению, мы не знаем ряда величин и нам трудно учесть некоторые эффекты (например, лучистую и турбулентную теплопроводности, трение, вязкость). Недостаточность существующих теорий конвекции — серьезное препятствие в решении этой проблемы.

Разумеется, чтобы получить представление об условиях, царящих выше слоя ионизации водорода, нам необходима и удовлетворительная теория атмосферных слоев, находящихся в состоянии лучистого равновесия. Требуется, по крайней мере, хорошо знать непрозрачность самых внешних слоев звезды, что в свою очередь выдвигает ряд сложных вопросов, особенно в случае очень низких температур.

Несмотря на все эти трудности, уже получены важные результаты и найдены интересные приложения, даже если ограничиться звездами главной последовательности. Если мы перейдем к звездам более горячим, чем Солнце, зона ионизации водорода будет перемещаться к поверхности, постепенно утончаясь — конвекция будет становиться все менее и менее эффективной, а излучение — обеспечивать перенос все большей доли энергии. Влияние ионизации водорода на внутреннее строение звезды станет убывать и практически исчезнет при эффективных температурах, превышающих 8000—10 000° К. Значение ионизации гелия, естественно, зави-

сит от принятого количественного содержания этого элемента. У звезд, принадлежащих населению I типа плоской составляющей Галактики, ионизация гелия может усилить воздействие ионизации водорода, хотя и та, и другая должны быстро убывать, по мере того как эффективная температура звезды приближается к 10 000° К.

У звезд, более холодных, чем Солнце, действие зоны ионизации водорода, усиленное в самых внешних слоях эффектами непрозрачности и диссоциацией молекул водорода, возрастает, а конвекция распространяется все далее в глубь звезды. В то же время увеличивается мощность конвекции во внешних слоях, благодаря чему там вплоть до уровня, лежащего гораздо выше зоны ионизации водорода, устанавливается адиабатическое состояние. «Трудная» область со сверхадиабатическим градиентом температуры, осложнявшая проблему для более массивных звезд, у красных карликов исчезает. У них зона с постоянной энтропией может соединить атмосферу, находящуюся в состоянии лучистого равновесия, с глубинной конвективной зоной. Последняя для звезд с малыми массами может быть представлена политропным решением $P = K\rho^{5/3}$ или $P = QT^{5/2}$ (K и Q определяются значениями переменных величин, характеризующих состояние газа там, где ионизация водорода и гелия становится полной).

Если речь идет о возможности соединения конвективных оболочек с лучистым ядром, у которого индекс политропы превышает $3/2$, то только политропные решения с индексом $n = 3/2$ «центрально-сжатого» типа могут, как мы уже отмечали выше, представить эти оболочки. Они «сшиваются» с лучистыми решениями для ядра в точке, где индекс политропы становится равным $3/2$.

Д. Остерброк построил модели звезд малой массы Кастор С и Кастор В (с массами 0,65 и 1,0 солнечной). Он установил, что конвективная оболочка в них простирается довольно глубоко: у Кастора С — на 0,33 радиуса, захватывая 0,11 массы звезды.

Эти результаты были распространены последовательно на звезды еще меньших масс Д. Лимбером, который принял во внимание эффекты частичного вырождения электронов, а также Ч. Хаяши и Т. Накао, которые еще учли диссоциацию молекул водорода. Эти исследования показали, что конвекция простирается до самого центра у звезд с массой, меньшей или равной 0,27 солнечной. Тщательное исследование, выполненное М. Габриель, подтвердило этот вывод. Оказалось,

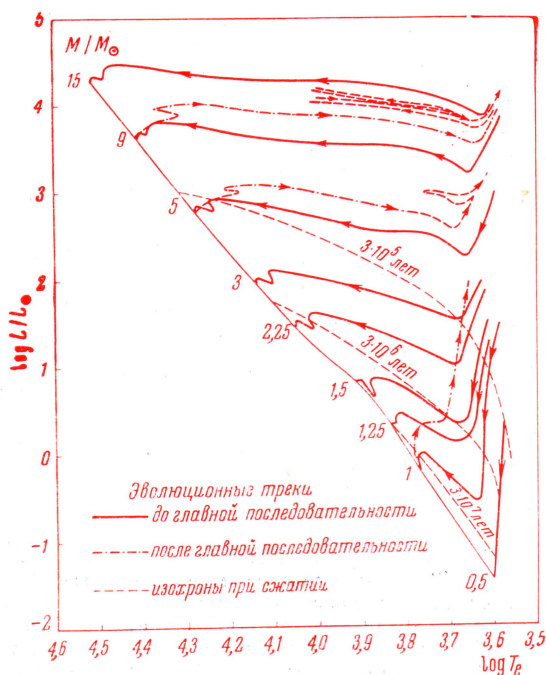
что действие протон-протонной реакции и эффектов конвекции во внешних зонах ионизации приводит к неустойчивости звезды.

Даже если эта неустойчивость не будет слишком сильной, она должна себя как-то проявлять. Следует ли нам ожидать открытия переменных звезд нового типа с периодами порядка 20 минут* или мы упустили некий фактор, способный восстановить устойчивость?

Напомним, что влияние внешних слоев звезды — важный фактор при интерпретации строения звезд главной последовательности спектральных типов, более поздних, чем звезды класса F. Но, конечно, самое наглядное представление о значении условий на поверхности и во внешних переходных зонах звезды дает изучение звездной эволюции.

Установление Г. Бете и К. Вейцекером в 1939 г. основных ядерных реакций, происходящих в недрах звезд, позволило разработать в первом приближении теорию строения звезд главной последовательности. Но многие вопросы продолжали оставаться загадочными, например строение звезд-гигантов. Решительный шаг был сделан А. Сэндиджем и М. Шварцшильдом. Они показали, что существуют модели с псевдоизотермическим гелиевым ядром, которое сжимается, в то время как окружающая его оболочка расширяется. Полученный результат был распространен на звезды настолько малой массы, что электронный газ в их центральных областях оказался частично вырожденным. Во всех случаях эволюционный путь на диаграмме Герцшпрунга — Рессела резко поворачивает направо вследствие быстрого роста радиуса звезды, когда масса гелиевого ядра достигает 10% от общей массы. Характерный «излом» кривых для старых звездных скоплений получает, таким образом, естественное объяснение, а положение этого излома позволяет непосредственно оценивать их возраст. Однако последующая эволюция моделей с чисто лучистыми оболочками, у которых температура на поверхности стремится к нулю, создала новые трудности: точка, соответствующая данной модели на диаграмме Герцшпрунга — Рессела продолжала смещаться вправо почти горизонтально, вместо того чтобы подниматься в правый верхний угол, как требовали наблюдения.

В 1955 г. Ф. Хойл и М. Шварцшильд, столкнувшись с этим затруднением, заметили, что в процессе такой эволюции эффектив-

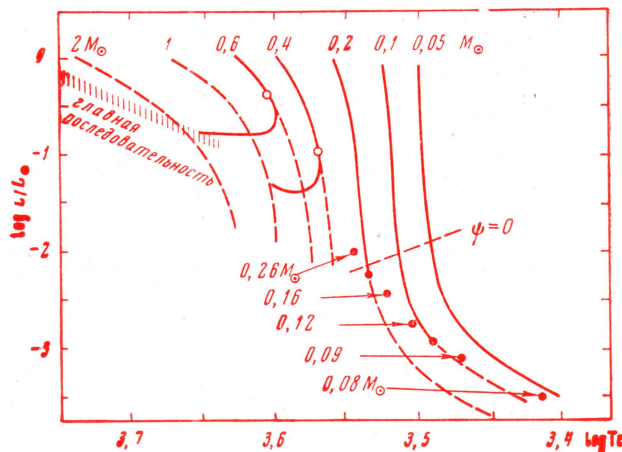


СХЕМАТИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ ПУТЕЙ (треков) эволюции звезд на диаграмме Герцшпрунга — Рессела для нескольких значений массы (от 0,5 до 15 масс Солнца). Фазы сжатия изображены сплошными кривыми, последующие фазы обратного движения от главной последовательности — штрих-пунктирными

ная температура модели становится настолько низкой, что для осуществления реальных условий с конечной температурой на поверхности необходимо, как в моделях Остерброка, учитывать наличие внешней конвективной зоны. Хойл и Шварцшильд показали, что для некоторых значений параметра E , связанного с величиной Q в уравнении $P = QT^{5/2}$ соотношением $E \sim QM^{1/2} R^{3/2}$, путь эволюции отклоняется вверх в хорошем согласии с наблюдаемой ветвью красных гигантов. Оказалось, что параметр E играет важную роль в построении моделей и эволюционного пути звезды.

Ч. Хаяши исследовал другой этап звездной эволюции и пришел к новому, довольно неожиданному следствию, заставившему полностью изменить наши взгляды на фазы гравитационного сжатия, которое предшествует вступлению звезды на главную последовательность. Изучая ветвь красных гигантов, он заметил, что когда давление излучения пренебрежимо мало, не может существовать равновесных моделей со значениями параметра E , превосходящими 45,5 — величину, соответствующую решению Эмдена. Следо-

* Такие звезды уже открыты. См. «Земля и Вселенная», № 3, 1969 г., стр. 24. (Прим. редакции.)



ЭВОЛЮЦИОННЫЕ ТРЕКИ сжимающихся звезд и кривые $E = 45,48$. Сплошные кривые — треки звезд до вступления на главную последовательность. Сплошные кривые выше точек и кружков и их пунктирные продолжения обозначают условия на поверхности звезды при $E = 45,48$. Точки — звезды главной последовательности с нулевым возрастом, полностью конвективные. Кривая $\psi = 0$ представляет этап начинающегося вырождения в недрах звезд. (Эта схема публикуется в дополнение к присланному автором рисунку. Она заимствована из работы Ч. Хаяши и др. «Progress of Theoretical Physics», 30, 4, 1963)

вательно, есть предел приемлемым решениям для конвективной оболочки звезд «центрально-сжатого» типа. Таким образом, для звезд данной массы и химического состава можно выразить через светимость и эффективную температуру отношение $P/T^{5/2} = Q$ на внутренней границе области, где начинается конвективная политропная зона. Вводя это выражение Q в формулу $E = QM^{1/2} R^{3/2}$, при условии, что $E = 45,5$ (критическому значению), получим уравнение, определяющее на диаграмме Герцшпрунга — Рассела линию, справа от которой не может существовать никакая равновесная модель. Положение этой линии, проходящей почти вертикально, несколько зависит от химического состава и слегка смещается влево, если возрастает масса.

Из существования этой запрещенной зоны Хаяши не замедлил вывести логические следствия. Так, пришлось отбросить эволюционные пути, соответствующие гравитационному сжатию лучистых моделей, которые пересекали как раз запрещенную область. В действительности любая звезда в этой части должна быстро эволюционировать к точке кривой $E = 45,5$, где звезда может стабилизироваться, причем ее строение будет соответ-

ствовать конвективной модели. Затем, сжимаясь, она спустится вдоль этой кривой. При этом звезда остается полностью конвективной до момента, когда уменьшение непрозрачности в ее центральных областях станет благоприятным для появления лучистого ядра. Далее эволюционный путь звезды отклоняется в сторону светимостей и эффективных температур, соответствующих значениям E , меньшим критического. Эти выводы влекут за собой весьма многочисленные следствия, которые заставляют нас обратить серьезное внимание на первоначальные фазы сжатия, способные привести звезду в область высоких светимостей. Прежде всего, благодаря высоким светимостям, конвективные фазы гравитационного сжатия должны быть пройдены гораздо быстрее, чем в лучистом варианте, особенно для звезд малой массы. Это имеет большое значение для интерпретации очень молодых скоплений, как NGC 2264, и для оценки обилия легких элементов (лития и бериллия), которые могут сохраняться до конца фазы конвективного сжатия. В процессе сжатия легкие элементы могут опускаться на большие глубины, где царят высокие температуры.

Мы почти не затрагивали вопроса о возможном влиянии вращения или начальных магнитных полей, которые могут, конечно, играть важную роль как в определении путей эволюции, так и в окончательном распределении углового момента или магнитного потока.

Однако весьма сомнительно, чтобы эти факторы заметно изменили границы запрещенной зоны в правой части диаграммы Герцшпрунга — Рассела. На практике в этой области не должно быть точек, представляющих звезды, если речь идет о звездах, прошедших большой путь эволюции и достигших вершины ветви красных гигантов, так как их эволюция вправо ограничена той же критической линией. Не может быть речи и о звездах, находящихся на первых стадиях гравитационного сжатия, поскольку фазы динамической эволюции справа от границы должны быть столь быстрыми, что вероятность наблюдать звезды в этой фазе крайне мала.

Естественно, это создает возможность проверки, точной и несколько «опасной» для теории. До последнего времени считалось, что крайняя граница распространения моделей в области низких эффективных температур достигает значений порядка $3100-3200^\circ \text{K}$. Хотя, в общем, согласие с ветвями красных гигантов довольно хорошее, все же существуют красные гиганты с явно меньшими темпера-



ЗВЕЗДНОЕ СКОПЛЕНИЕ NGC 2264 в созвездии Единорога, окруженное туманностью. Снимок сделан в красных лучах. (Эта фотография публикуется в дополнение к присланным автором рисункам)

турами — порядка $2200\text{--}2500^\circ\text{K}$, например о Кита. После открытия инфракрасных звезд оценки эффективной температуры упали до $800\text{--}1000^\circ\text{K}$, хотя Г. Джонсон считает, что не исключены поправки на покраснение, способные повысить температуру звезд примерно до 3000°K *.

В спектрах этих холодных звезд часто обнаруживаются интенсивные полосы поглощения, принадлежащие молекулярному водороду. Дж. Оман и П. Боденхеймер пытались оценить действие поглощения, вызванного водяным паром. Но соответствующее понижение границы эффективных температур невелико (порядка 100°K).

До сих пор мы рассматривали модели, находящиеся в гидростатическом или квазистатическом равновесии, и ничего не говорили о влиянии граничных условий и зон ионизации водорода и гелия на глобальную устойчивость звезды. Речь может идти, например, о динамической неустойчивости, характеризующей первые фазы сжатия протозвезды, или о колебательной неустойчивости, которой подвержены полностью конвективные модели звезд с малыми массами (меньше 0,27 солнечной). Колебательная неустойчивость имеет важное значение в интерпретации физических переменных звезд, и здесь внешние зоны, области ионизации водорода и гелия, играют главную роль. На это указал в 1941—1942 гг. А. Эддингтон в двух статьях, посвященных цефеидам. Основываясь на значительном возрастании теплоемкости внешних слоев вследствие ионизации водорода, Эддингтон считал, что звезда, сжимаясь, накапливает энергию при высоких температурах, а расширяясь, освобождает ее при более низких. Внешние слои звезды представляют

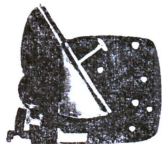
собой, таким образом, настоящую тепловую машину, способную производить механическую энергию колебаний, которая компенсирует энергию, теряемую за счет лучистой теплопроводности. Однако в дальнейшем стало ясно, что без дополнительного притока энергии из глубинных слоев этот механизм недостаточен. Советский ученый С. А. Жевакин обратил внимание на большую роль ионизации и эффектов непрозрачности. Он показал, что эти факторы достаточны, чтобы вызвать заметную колебательную неустойчивость, когда лучистый перенос еще преобладает в этих областях, несмотря на конвекцию. В дальнейшем точный учет поглощения и детальные расчеты моделей внешних слоев звезды подтвердили глобальный эффект нарушения устойчивости внешних слоев у цефеид *. Механизм нарушения устойчивости оказывается эффективным лишь в узкой полосе диаграммы Герцшпрунга — Рассела, что согласуется с расположением на ней цефеид и удовлетворительно объясняет зависимость «период — светимость».

Из теории эволюции известно, что одна и та же звезда может пересечь несколько раз в том и другом направлении полосу неустойчивости. Этим можно объяснить наблюдаемые иногда изменения периода и использовать данные наблюдений для статистической проверки теоретических построений.

Несмотря на некоторые трудности теории, можно полагать, что учет условий на поверхности и их влияния на переходные квазиконвективные зоны, связанные с ионизацией водорода и гелия, в последние 10—12 лет значительно приблизил нас к решению проблем, относящихся к внутреннему строению звезд.

* См. Р. Киппенхан и А. Вайгерт. Почему пульсируют звезды типа Дельта Цефея? «Земля и Вселенная», № 1, 1966 г. (Прим. редакции.)

* Эта догадка в настоящее время подтвердилась. (Прим. редакции.)



ПЛАНЕТЫ ЗВЕЗДЫ БАРНАРДА?

На расстоянии всего 5,9 световых лет от нас с огромной скоростью (1° в 350 лет) движется звезда Барнарда. В ее собственном движении обнаружены очень слабые колебания, из которых астроном Спрулской обсерватории Петер ван де Камп вывел существование у звезды Барнарда невидимого спутника.

В июле 1968 г. доктор ван де Камп опубликовал результаты измерений 3000 фотографий системы Барнарда. Он установил, что невидимый спутник путешествует вокруг звезды Барнарда по сильно вытянутой орбите с периодом 25 лет. По оценке ван де Кампа, масса спутника составляет 1,8 массы Юпитера.

Недавно ван де Камп заметил, что наблюдения можно интерпретировать и по-другому. Измеренные отклонения в движении звезды Барнарда могут быть результатом влияния двух невидимых

спутников, которые вращаются по круговым орбитам, лежащим в одной плоскости, с периодом 26 и 12 лет. Эти тела ван де Камп обозначил В1 и В2.

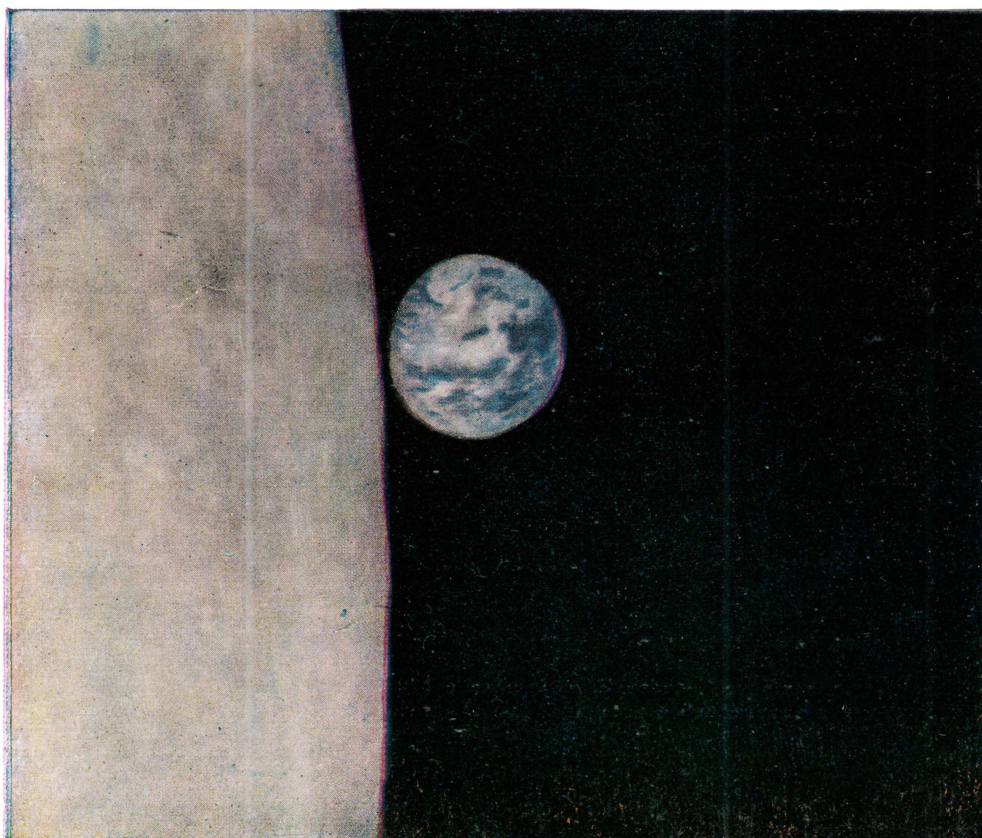
Если допустить, что масса звезды Барнарда равна 0,15 солнечной, то третий закон Кеплера требует, чтобы радиус орбиты спутника В1 составлял 4,7 а. е., а спутника В2 — 2,8 а. е. Массы спутников соответственно должны быть равны 1,1 и 0,8 массы Юпитера. Следовательно, эти объекты можно считать планетами.

«Sky and Telescope», 37, 6, 1969.



◀ Фотография Земли, полученная 8 августа 1969 г. с автоматической станции «Зонд-7». Расстояние до Земли около 70 000 км. В центре снимка Каспийское море. Видны северо-восточная часть Африки и юго-запад Азии

Снимок Земли перед заходом ее за край Луны, полученный 11 августа 1969 г. автоматической станцией «Зонд-7». Расстояние до Луны — 2000 км. На фотографии просматриваются Средняя Азия, Аравийский полуостров, Австралия





На Витимском плоскогорье можно встретить и мрачные уступы высотой 100 м, и среди базальтовых глыб — этот нежный цветок «саранка». 10 млн. лет назад здесь текла раскаленная лава, а теперь несет свои воды река Витим.

Фото А. Я. Салтыковского (К статье «Земля «под прессом»)



ЗЕМЛЯ «ПОД ПРЕССОМ»

Ю. С. ГЕНШАФТ

кандидат физико-математических наук

А. Я. САЛТЫКОВСКИЙ

кандидат геолого-минералогических наук

Бедные скалы базальта! Вам надо огню подчиниться, хотя никто не видал, как породил вас огонь!

(Гете «Ксений»)

До сих пор человек не проник еще в таинственные глубины Земли, где зарождаются базальты, граниты и другие горные породы. Изучая землетрясения и вулканы, мы можем только догадываться о мощных процессах, которые происходят в недрах нашей планеты.

Единственный источник доставки глубинного вещества Земли на поверхность — это действующие вулканы. Часто они становятся и источником больших трагедий. Во время страшного извержения Везувия в 79 г. н. э. под тучами пепла были погребены древнеримские города Помпея, Геркуланум и Стабия. Извержения вулканов Томбора в 1815 г. и Кракатау в Индонезии в 1883 г. унесли более ста тысяч жизней.

Однако не всегда вулканы грозят катастрофой. Например, спокойно протекает вулканическая деятельность на Гавайских островах; без жертв обошлось извержение вулкана Парикутин в 1943 г. в Мексике.

Почему в одних случаях извержения происходят бурно, со взрывом, а в других — спокойно, с медленным выдавливанием на поверхность относительно жидкой лавы? Почему в одних частях нашей планеты вулканическая деятельность проявляется интенсивно, а в других — отсутствует вообще?

Вулканологи установили, что главным фактором, определяющим поведение вулкана, его «темперамент», является химический состав расплавленной лавы. Чем же обусловлены изменения в составе изливающейся на поверхность Земли лавы? Чтобы ответить на эти вопросы, необходимо хотя

бы приближенно знать состав и строение земной коры, лежащей под материками и океанами (не говоря пока о более глубоких слоях).

Представления о слоистом строении Земли в течение долгого времени опирались исключительно на данные сейсмологии. И лишь в последние десятилетия пригодились данные петрографии, минералогии, геохимии и других наук.

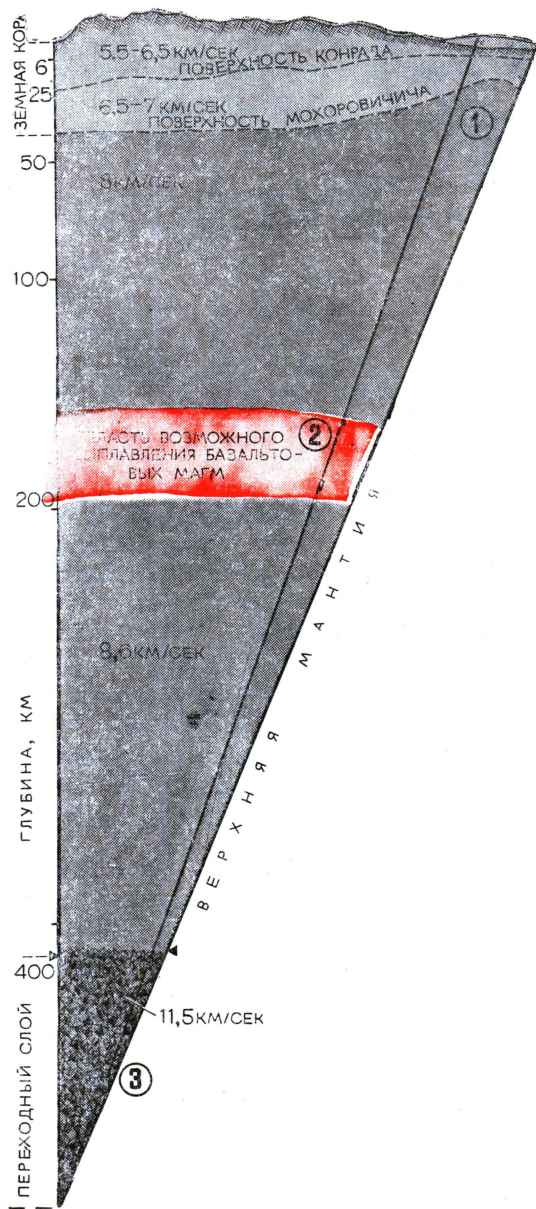
Из всех слоев Земли для геологов и петрологов особенно интересны нижние горизонты коры и верхние горизонты мантии (до глубин 700 км). Отсюда, вероятно, начинается «жизнь» магма, здесь зарождаются тектонические движения.

Граница Мохоровичича — тоже интересный объект для изучения. Глубина ее залегания меняется: под континентами, особенно под горными хребтами (например, на Урале), она составляет 40—50 км; под дном океана эта граница залегает значительно ближе к поверхности, на глубине 10 км. О неоднородном строении внутренних частей Земли свидетельствуют данные о тепловых потоках из недр планеты. Считается, что среднее значение температуры на глубине 100 км для земной коры составляет около 1400°С.

Уже на границе Мохоровичича под континентами давление достигает 10 000 атм, а температура — 600—1000°С. Вот почему ученые не сомневаются в том, что в недрах Земли вещество не только «сдавлено», но и нагрето до высоких температур.

ГИПОТЕЗЫ И ЭКСПЕРИМЕНТ

В теоретической геологии было предсказано существование минералов «высокого давления», т. е. таких минералов, которые образуются под высоким давлением: гранат,



РАЗРЕЗ ЗЕМНОЙ КОРЫ И ВЕРХНЕЙ МАНТИИ до глубины 450 км: 1 — здесь существует обычный кварц; 2 — область возможного выплавления базальтовых магм; 3 — на этих глубинах уже может существовать стиповерит. Числа на рисунке — скорости распространения упругих волн

жадеит, пироксен. Известно, что вещество может подвергаться фазовым превращениям, т. е. изменять свои физические свойства без изменения химического состава. Однако представить реально минералы «высокого давления» было нелегко.

В 1913 г. английский ученый Л. Фермор предположил, что на границе Мохоровичича базальты превращаются в горную породу такого же химического состава, но более плотную — эклогит. Для того времени это была очень смелая гипотеза, так как экспериментальных работ с минералами в условиях высоких давлений и температур не было.

В начале XX в. американский ученый П. Бриджмен, занимаясь экспериментами при сверхвысоких давлениях, пришел к выводу, что фазовые превращения минералов должны часто встречаться в природе. Например, кварц может превращаться в коэсит — плотную модификацию с меньшим удельным объемом.

По мере развития техники и методов исследований научились создавать в лаборатории высокие давления и температуры. В середине XX в. экспериментами при высоких давлениях и температурах занимались ученые многих стран. Лабораторные данные подтвердили гипотезу Л. Фермора о переходе базальта в эклогит: эклогит был получен при давлении выше 10—15 тыс. атм и температуре 1000°С. Но везде ли на границе Мохоровичича соблюдаются такие условия? Ведь эта граница меняет глубину залегания: под складчатыми областями континентов она проходит на глубине более 30 км, а под океанами — менее 10 км. И опять понадобились гипотезы.

Независимо друг от друга американский ученый П. Вилли и советский ученый С. М. Стишов пришли к выводу, что под континентами на поверхности Мохоровичича базальт переходит в эклогит, а под океанами — базальты становятся перидотитами. (Перидотит — ультраосновная, т. е. бедная кремнеземом горная порода, состоящая главным образом из оливина и пироксена.) Однако лабораторные данные не соответствуют сейсмическим. Из сейсмических данных следует, что переход коры к мантии очень резок, и граница Мохоровичича представляет собой **поверхность раздела**.

Однако условия, в которых базальт превращается в эклогит, требуют последовательного, постепенного изменения давлений и температур, что возможно лишь в **протяженной зоне**. Каждый новый лабораторный результат

становится или сторонником, или противником существующей гипотезы. Так, в середине 30-х годов известный английский ученый Дж. Бернал, а в 50-х годах американский ученый Ф. Берч предположили, что быстрое увеличение скоростей распространения сейсмических волн, а также возрастание плотности между корой и мантией может быть связано с фазовыми превращениями таких минералов, как оливин и пироксен. А для этого нужны давления, превышающие 100 атм. Такое давление получили советские исследователи С. М. Стишов и С. В. Попова в 1961 г. Они синтезировали плотнейшую модификацию кварца в условиях давления 100 атм и температуры 1500°С*. В дальнейшем было установлено, что в пределах переходного слоя эта модификация кварца устойчива. Следовательно, если породы верхней мантии содержат значительное количество оливина и пироксена (а геологические данные не противоречат этому предположению), то в протяженной зоне обязательно должны существовать минералы, распадающиеся на плотные соединения, среди которых должен быть стишоверит.

КАКАЯ МАГМА?

Вернемся к вопросу: как образовались различные магмы, которые в виде лавового потока поднимаются из земных недр?

С какими горными породами связано возникновение тех или иных магм? В первую очередь, конечно, следует назвать базальты и граниты. Существует мнение, что базальтовая магма образуется при частичном плавлении перидотита мантии на глубине 75—100 км. Почему при частичном плавлении? Да потому, что горные породы являются полиминеральным образованием, и каждый из минералов имеет свою точку плавления. Следовательно, горная порода плавится не при одной какой-то температуре, а в некотором интервале, достигающем сотен градусов. Ясно, что при данном химическом составе породы состав частичного расплава будет определяться «химическим поведением» тех минералов, которые при данной температуре не плавятся, а находятся с расплавом в равновесии. Состав самого расплава будет зависеть еще и от количественных соотношений между жидкостью и твердыми кристаллами.

* Эта разновидность кварца получила за рубежом название стишовита, а в СССР — стишоверит.

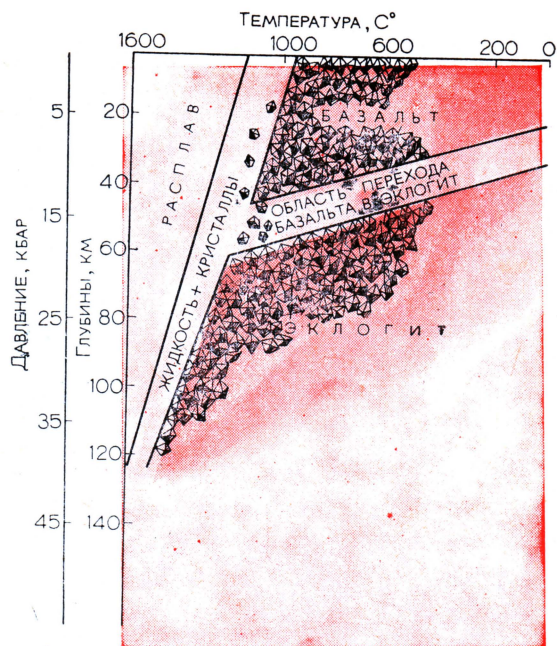


СХЕМА РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЕЙ, представленных базальтом, эклогитом, а также предполагаемая переходная область. (Использованы экспериментальные данные). По вертикали — глубины и соответствующие им давления, по горизонтали — температура

По мнению американского ученого Н. Боуэна, в процессе кристаллизации базальтовой магмы может образоваться гранит. Доказать это предположение экспериментально не удалось. Но опыты продолжались.

В 50-х годах выяснилось, что на больших глубинах в процессе кристаллизации базальта меняется состав кристаллизующихся минералов. Многочисленные наблюдения извержений вулканов; детальные анализы горных пород, а также лабораторные исследования растворимости воды в силикатных расплавах позволяют утверждать, что летучая фаза, в первую очередь вода, принимает активное участие в процессах на глубине. Академик А. П. Виноградов считает, что в результате вулканических извержений на поверхность Земли вместе с базальтовой лавой выносятся от 3 до 8 весовых процентов водяного пара.

Можно ли в лаборатории получить эти весовые проценты? Эксперименты с базальтом проводили совместно Институт физики Земли имени О. Ю. Шмидта и Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии АН СССР. Что показали опыты? Удалось увеличить содержание воды в расплаве до 4 весовых процентов при давлении 25 тыс. атм и температуре 1200°С. А это почти ответ на вопрос: как возникают базальтовые магмы из ультраосновного вещества мантии?

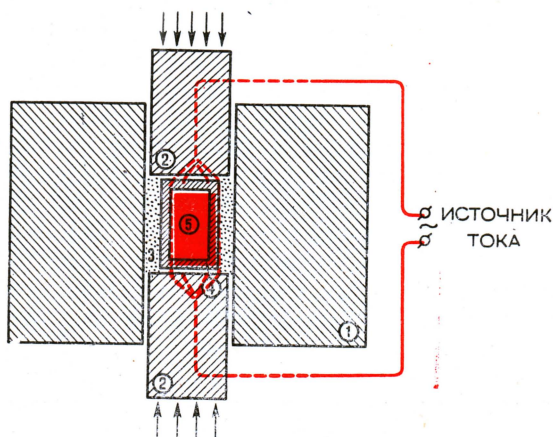
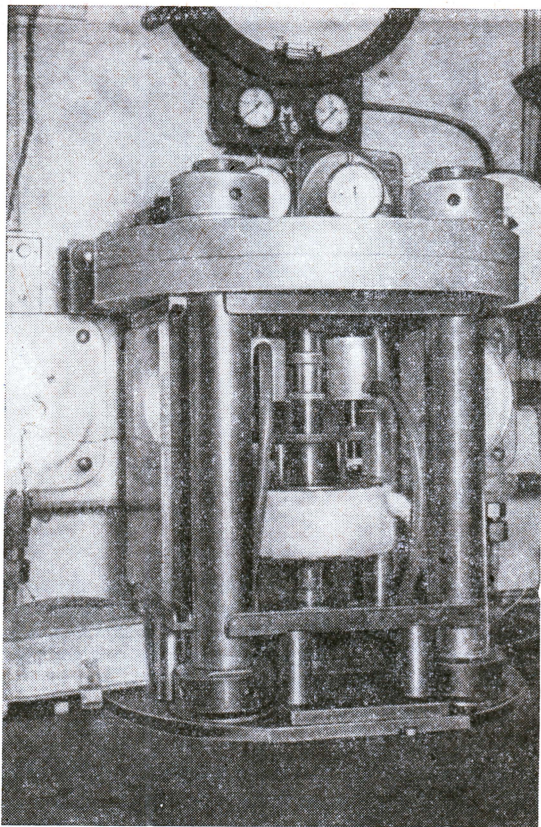


СХЕМА И ОБЩИЙ ВИД УСТАНОВКИ для проведения опытов с горными породами и минералами. На такой установке получены давления и температура, которые соответствуют глубинам 200 км: 1 — камера, где создается высокое давление; 2 — поршни; 3 — электроизолирующая среда, которая «передает» давление на образец горной породы; 4 — нагревательная ячейка; 5 — камера с образцом

Чрезвычайно интересным оказалось и то, что температура и давление, при которых образовались расплавы, соответствуют предполагаемым условиям в волноводе — в слое пониженных скоростей распространения сейсмических волн, расположенном на глубинах от 60 до 200 км. Можно считать, что результаты этих опытов впервые экспериментально доказали справедливость гипотезы выплавления базальтовой магмы из ультраосновного вещества мантии на глубинах, соответствующих слою «волновода». Если это так, то становится понятным, почему в этой области Земли наблюдаются пониженные скорости распространения продольных и поперечных сейсмических волн. Скорость распространения упругих колебаний в твердом теле выше, чем в жидком. Поэтому можно полагать, что в волноводе вещество находится в «кашеподобном» состоянии, т. е. состоит из смеси твердых и частично расплавленных пород.

БУРНОЕ ИЛИ СПОКОЙНОЕ ИЗВЕРЖЕНИЕ?

Поскольку давление оказывает большое влияние на состав и структуру кристаллизующихся материалов, то, очевидно, зарождение и кристаллизация магмы на различных глубинах должна приводить к изменению химического состава самой магмы. Химический состав магмы в значительной степени определяет ее свойства в процессе кристаллизации и излияния на поверхность Земли. Чем больше в магме кремнезема, т. е. чем кислее она по составу, тем больше вязкость и труднее кристаллизация. В этом одна из главных причин различий в типах извержений. При излиянии базальтовых лав (с малым содержанием кремнезема), вязкость которых невелика, извержения вулканов довольно спокойны.

Вязкая, малоподвижная лава, насыщенная газами и водяным паром, «неохотно» поднимается через жерло вулкана, иногда закупоривая его. Затем происходит взрыв и выталкивание «пробки». Такие извержения часто оказываются страшным бедствием.

Здесь было рассказано о некоторых экспериментальных исследованиях в области фазовых превращений вещества в условиях высоких давлений и температур. Такие эксперименты проводят многие ученые во всех странах мира. И хотя труд экспериментатора лишен романтики, за ним остается право завладеть тайнами внутреннего строения Земли.

Погода на других планетах

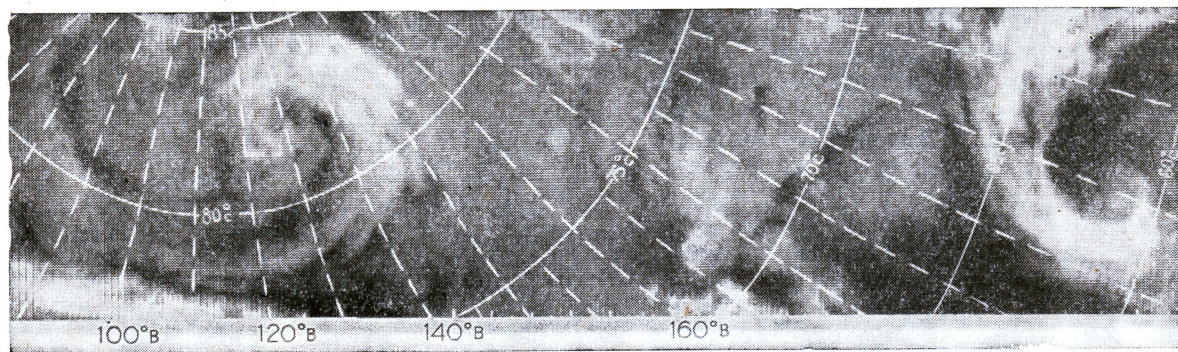
Г. С. ГОЛИЦЫН

кандидат физико-математических наук

Физические законы, управляющие погодой, для всех планет одинаковы. Поэтому уже сейчас можно представить себе погоду на Марсе, Венере, Меркурии.

Погода — это, прежде всего, изменения давления, температуры, ветра. В нашем «земном» понимании — это еще и осадки, и дальность видимости. Давление на поверхности планеты определяется массой атмосферы планеты и меняется очень мало. Температура зависит от количества солнечной энергии, поступающей к планете и нагревающей ее поверхность. (Важна и судьба теплового излучения: вспомните о «парниковом эффекте».) Изменения температуры в плотных атмосферах невелики, а в разреженных — очень существенны. Ветер зависит от того, какая часть поступающей к планете солнечной энергии может превратиться в энергию атмосферных движений (плотную, простирающуюся до больших высот атмосферу труднее привести в движение, чем тонкую и разреженную).

Доля солнечной энергии, которая может превратиться в энергию атмосферных движений, прямо пропорциональна относительной разности температур (между экватором и полюсом) и обратно пропорциональна массе атмосферы любой планеты. Но атмосферные движения и рождаются, и затухают — атмосфера же, как единое целое, не замедляется и не ускоряется. Стало быть, средняя скорость приращения кинетической энергии (если движение развивается) равна средней скорости ее затухания (если движение угасает). Нам следует запомнить этот вывод, исходный для всех дальнейших рассуждений и численных оценок. Полезно также и представление об атмосферах планет как о гигантских тепловых машинах,



ОБЛАЧНОСТЬ НАД ПОВЕРХНОСТЬЮ ЗЕМЛИ. Отчетливо видны два крупных вихря протяженностью около 1 — 2 тыс. км. (Фотография получена с метеорологического спутника «Космос-184» в инфракрасных лучах)

перерабатывающих энергию Солнца в энергию атмосферных движений.

ЗЕМЛЯ

В земной атмосфере движения всегда турбулентны: самые разнообразные по размерам, хаотически распределенные вихри непрерывно возникают и разрушаются*. Мелкие вихри в атмосфере — это снежные или пыльные поземки. Более крупные вихри иногда усиливаются, превращаясь в смерчи, торнадо, тайфуны. Самые крупные атмосферные вихри — циклоны и антициклоны — определяют погоду в земной атмосфере.

Циклоны и антициклоны имеют определенные размеры и срок «жизни». Если мы знаем протяженность гигантских вихрей, т. е. характерный масштаб длины атмосферных движений, а также скорость приращения кинетической энергии, о которой уже шла речь, то сможем определить характерную скорость движений в атмосфере (ветер) и время смены погоды (срок «жизни» циклона или антициклона).

Характерную скорость движений в атмосфере Земли можно** получить из соотношения

$$v \approx (\varepsilon L)^{1/2},$$

где ε — средняя скорость приращения кинетической энергии на единицу массы воздуха, L — характерный масштаб длины атмосферных движений, v — скорость ветра. Полезно также знать соотношение для ε

$$\varepsilon \approx \frac{\Delta T}{T} \cdot \frac{q(1-A)}{4M}, \quad (2)$$

где q — солнечная постоянная, т. е. интенсивность солнечной радиации, которая была бы у земной поверхности в отсутствие атмосферы, M — масса столба атмосферы с основанием 1 см^2 , A — суммарное альбедо, T — температура у поверхности планеты. Зная ε , из формулы (1) получаем для земной атмосферы (во всей ее толще) среднюю скорость ветра 10 м/сек . В средних широтах Земли величина L порядка 3000 км . Заметим, что характерный масштаб L получают из соотношения скорости распространения звука в атмосфере и параметра, обусловленного отклоняющей силой вращения Земли. Для медленно вращающихся планет характерным

масштабом L служит их радиус. Время смены погоды ($t \approx L/v$) для Земли оказывается равным 3—4 суткам.

Из этих несложных теоретических расчетов удалось установить, что средняя скорость ветра на Земле 10 м/сек , а среднее время смены погоды 3—4 суток. Эти числа согласуются с результатами непрерывных наблюдений за погодой на земном шаре и позволяют применять тот же метод расчета и к атмосферам других планет земной группы.

МАРС

Как показали расчеты, в атмосфере Марса погода меняется каждый день, а средние скорости ветра составляют 40 м/сек . Ощутимы ли такие ветры? Ведь плотность атмосферы Марса почти в 100 раз меньше земной. Сила ветра пропорциональна плотности воздуха и квадрату скорости ветра. Поэтому на Марсе ветер со скоростью 40 м/сек ощущался бы, как земной умеренный ветер (4 м/сек).

Расчеты общей циркуляции атмосферы Марса выполнили на электронной вычислительной машине американские метеорологи С. Лиови и Й. Минц*. Они рассчитали подробные карты распределения ветров и температуры. Резко различен характер ветров в летнем и зимнем марсианских полушариях. Уже давно было известно, что на Марсе очень велик суточный ход температуры. Если днем на экваторе температура поверхности может достигать $+30^\circ \text{C}$, то ночью она падает на 100° и более. Самыми теплыми оказываются полярные районы летнего полушария, где за длительное летнее полугодие (марсианский год равен 683 земным суткам) незаходящее Солнце успевает нагреть верхний слой грунта в среднем до -20°C , т. е. на 30° выше средних дневных температур по диску планеты. Поэтому в летнем полушарии температура вдоль меридиана меняется незначительно и ветры не очень сильны.

В зимнем полушарии, напротив, температура резко падает от экватора к зимней полярной шапке. Если считать, как делают Лиови и Минц, что полярные шапки на Марсе состоят не из обычного, а из сухого льда — сконденсировавшейся углекислоты, то температура поверхности должна равняться -130°C .

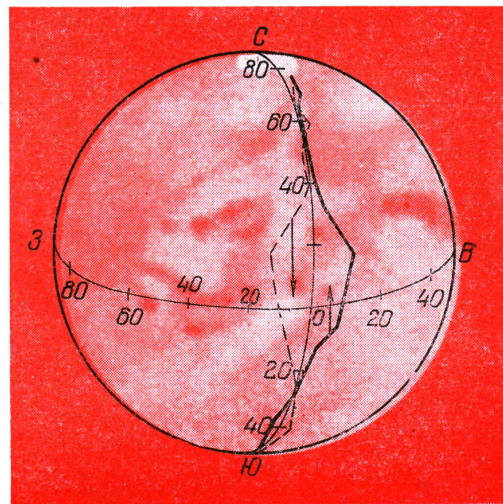
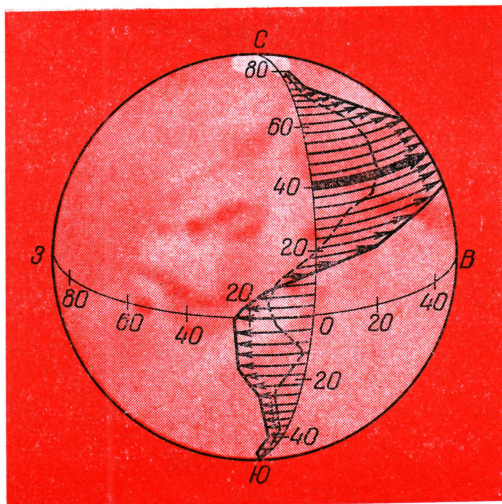
* С. С. Зилитинкевич. Циркуляция атмосферы. «Земля и Вселенная», № 2, 1968 г.

** См. Г. С. Голицын. Оценки некоторых характеристик общей циркуляции в атмосферах планет земной группы. Изв. АН СССР, «Физика атмосферы и океана», IV, 11, 1968 г.

* С. С. Зилитинкевич. Циркуляция атмосферы и океана (математические модели). «Земля и Вселенная», № 5, 1968 г.



ПЫЛЬНАЯ БУРЯ НА МАРСЕ. (Рисунок заимствован из книги «Moon and Planets», автор текста Josef Sadil, художник Zuděk Pešek. СССР, 1965 г.)



СРЕДНИЕ ЗА СУТКИ составляющие скорости ветра на Марсе: высота 3 км (пунктирная линия) и 12 км (сплошная линия). Слева — профили составляющей ветра вдоль меридиана (зональная компонента). В северном полушарии зимой ветры преимущественно западного направления; в это время в южном полушарии — ветры восточные. В средних широтах северного полушария ветер на высоте 12 км достигает скорости 80 м/сек. На правом рисунке — профили составляющей ветра вдоль широты (меридиональная компонента). Горизонтальное расстояние от меридиана до кривых — пунктирной (3 км) или сплошной (уровень 12 км) — равно величине скорости ветра, на верхнем уровне ветер дует с юга, на нижнем — с севера, образуя ячейку циркуляции. Меридиональная компонента заметна только в области марсианских тропиков

Из-за большого перепада температур в зимнем полушарии Марса дуют сильные ветры. На высоте 12 км их скорость, по расчетам Минца и Лиови, может достигать 170 м/сек. В атмосфере развивается активная циклоническая и антициклоническая деятельность. Однако дожди или снег, в нашем «земном» понимании, вряд ли сопровождают марсианские циклоны. Дело в том, что в марсианской атмосфере очень мало воды. Если осадить всю воду на поверхность планеты, то получится слой толщиной всего около 15 мм! Очень редко образуются в атмосфере Марса и облака. За последние 100 лет интенсивных астрономических наблюдений Марса отмечено лишь около ста случаев наблюдения облаков. В основном — это «желтые» облака, состоящие, вероятно, из пыли, поднимаемой сильными ветрами с поверхности планеты. Утром и вечером в умеренных широтах можно наблюдать белые облака, напоминающие дымку.

Таким образом, на Марсе почти всегда стоит прекрасная погода: светит Солнце и на темно-фиолетовом небе видны яркие звезды. Видимость на Марсе лучше, чем на Земле, вследствие малого рассеяния света на

частицах пыли в воздухе. Особенно хорошая видимость в летнем полушарии, где ветры заметно слабее и пыли меньше.

ВЕНЕРА

А какая погода на Венере — самой яркой планете нашего неба? Атмосфера Венеры была обнаружена еще в 1761 г. М. В. Ломоносовым. Но глубина атмосферы долго оставалась неизвестной, потому что поверхность планеты всегда скрыта сплошным слоем облаков. Сопоставление данных, полученных советской автоматической станцией «Венера-4», с радиоастрономическими наблюдениями позволило заключить, что температура поверхности планеты примерно 400—450°C, а давление у поверхности около 100 атм. На Земле такое давление бывает лишь в океане на глубине 1 км. Эти выводы, в общем, подтвердились после полетов советских автоматических станций «Венера-5» и «Венера-6».

Скорость ветра в плотной атмосфере Венеры должна составлять около 1 м/сек. В нижних слоях атмосферы Венеры такой ветер ощущался бы, как на Земле ветер



МЕРКУРИЙ. (Рисунок заимствован из книги «Moon and Planets», автор текста Josef Sadil, художник Zuděk Pešek. ЧССР, 1965 г.)

со скоростью почти 5 м/сек. Характерное время смены погоды на планете — 3 месяца. Но для Венеры 3 земных месяца — совсем малый отрезок времени — это 3/4 ее суток. Период собственного вращения планеты, как было определено недавно, оказался равным 2/3 земного года (243,1 суток), а направление вращения — обратное, т. е. противоположное направлению обращения планеты вокруг Солнца. Год длится чуть меньше 225 земных суток, и в течение этого времени Солнце примерно дважды всходит над планетой (длительность солнечных суток на Венере — 117 земных). На Венере нет смены времен года, так как ось ее вращения почти перпендикулярна плоскости эклиптики. Благодаря большой толщине, атмосфера Венеры даже за долгую ночь не успевает остыть, поэтому температура очень мало меняется за сутки. Разница температур между экватором и полюсами может достигать всего нескольких градусов. Однако и этой малой разницы температур достаточно, чтобы вызывать движения в атмосфере, хотя и довольно слабые.

Небо Венеры всегда затянуто высокими сплошными облаками, по-видимому, ледяными. Высота нижней границы облачности 55—60 км от поверхности планеты, а толщина облачного слоя порядка нескольких километров. Но дождь из таких облаков никогда не идет, так как водяные капли испаряются или даже выкипают еще высоко над поверхностью.

Даже днем у поверхности планеты, куда может проникать лишь многократно рассеянный свет, наверное, довольно темно. Дальность видимости невелика — несколько сотен метров (в земной атмосфере дальность видимости в ясный зимний день достигает 200 км). Однако практически предел видимости на Венере, вероятно, составляет лишь несколько десятков метров, поскольку там могут быть заметные турбулентные флуктуации показателя преломления света. Тогда очертания даже близких предметов будут

нечеткими, размытыми, случайно колеблющимися. Оказавшись на Венере, землянин мог бы сравнить ее с жаркой, очень сухой и темной баней.

МЕРКУРИЙ

Долгое время считали, что эта планета всегда обращена к Солнцу одной своей стороной, как Луна к Земле. И лишь в 1965 г. было установлено, что период собственного вращения Меркурия составляет точно 2/3 от периода обращения, равного, как известно 88 суткам. Продолжительность солнечных суток на Меркурии равна двум меркурианским годам: один год длится день, другой год — ночь!

Есть ли у Меркурия атмосфера, — окончательно не установлено. Однако косвенные данные свидетельствуют, что у этой планеты может быть атмосфера, но очень разреженная, состоящая из тяжелых газов. Если это действительно так, то давление у поверхности планеты, по крайней мере, в 1000 раз меньше земного. Благодаря близости к Солнцу и малому альбедо, к поверхности Меркурия поступает в 10 раз больше солнечной энергии, чем к поверхности Земли. За день-год поверхность планеты нагревается до +400° С, а за долгую ночь-год охлаждается ниже —120°. При этом в разреженной атмосфере Меркурия должны развиваться очень быстрые и бурные процессы. Оценки показывают, что скорости ветра на этой планете могут достигать 200 м/сек! И хотя атмосфера на Меркурии, в лучшем случае, такая же, как у Земли на высоте около 50 км, меркурианский ветер будет ощущаться, как умеренный земной.

Наше время — время удивительных темпов накопления знаний. Нет сомнения, что большинство сведений о строении атмосфер и характеристиках погоды, о которых мы пока говорим лишь предположительно, через каких-нибудь несколько лет удастся получить из непосредственных измерений.

СОЛНЕЧНЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ

Л. И. МИРОШНИЧЕНКО
кандидат физико-математических наук

Космические лучи — это один из самых мощных способов познания Вселенной и ее законов... Изучать их — это значит постоянно следить за пульсом нашей звездной системы.

(Академик В. Л. Гинзбург)

СОБЫТИЕ, КОТОРОГО НЕ ЖДАЛИ

28 января 1967 г., как обычно, многочисленные обсерватории земного шара вели непрерывные наблюдения за интенсивностью космических лучей. Ничто не предвещало особых явлений на Земле или в космосе. Магнитное поле Земли было спокойным, а активность Солнца — низкой.

Неожиданно около 8 часов 15 минут по гринвичскому времени интенсивность космических лучей начала увеличиваться. Поток излучения нарастал в течение трех часов, а затем начал медленно уменьшаться, возвращаясь к нормальному фоновому уровню. Это было особенно заметно на средне- и высокоширотных обсерваториях. Так, в Москве поток космических лучей усилился на 6% относительно фона, а на советской антарктической станции «Восток» почти на 40%.

Какова причина столь неожиданного усиления потока космических лучей? Обычно такие явления на Земле связывают с мощ-



ными вспышками на Солнце. Однако 28 января 1967 г. особенно мощных вспышек астрономы не наблюдали. Правда, Крымская астрофизическая обсерватория зарегистрировала небольшую вспышку в юго-восточной части солнечного диска. Одновременно отмечено повышение уровня солнечного радиоизлучения в сантиметровом и метровом диапазонах. Можно предполагать, что именно эта вспышка вызвала возрастание на Земле потока космических лучей. Однако такое объяснение не единственно возможное. Например, быстрые частицы, которые вызвали возрастание потока космических лучей на Земле 28 января 1967 г., могли прийти от другой вспышки... на обратной (невидимой) стороне Солнца!

20 ноября 1960 г. астрономам удалось установить, что солнечные космические лучи пришли от вспышки на невидимой стороне Солнца. Вспышка отмечена в активной области Солнца на долготе 120° к западу от центрального меридиана, т. е. на 30° за краем диска. Эту вспышку удалось наблюдать благодаря тому, что в момент ее появления у края диска она достигала высоты около 93 000 км над фотосферой. Кроме того, в это время за краем диска происходило испускание солнечного вещества (плазмы) с радиальной скоростью около 1000 км/сек. Вспышка сопровождалась эруптивным протуберанцем с максимальной высо-

той 300 000 км. Возрастание интенсивности космических лучей было зарегистрировано в этот день на Земле и в стратосфере.

Два описанных события похожи на многие другие, наблюдавшиеся за последние 27 лет. (Впервые вспышка солнечных космических лучей на Земле была зарегистрирована 28 февраля 1942 г.). Вместе с тем большое своеобразие этих двух вспышек усиливает интерес астрофизиков к процессам на Солнце и в межпланетном пространстве.

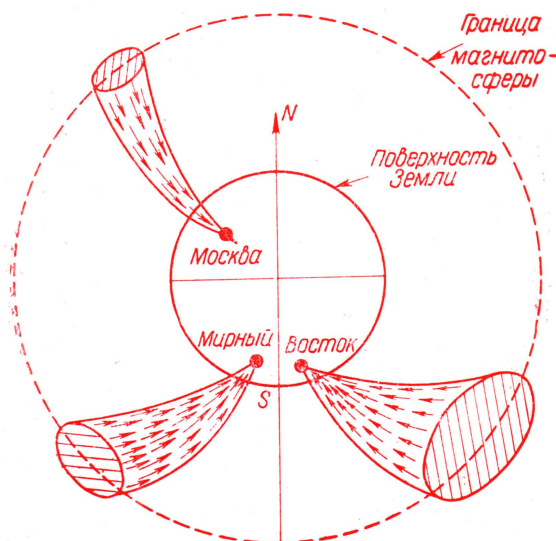
ПРОБЛЕМА «СОЛНЦЕ — ЗЕМЛЯ»

В составе космических лучей, рожденных солнечными вспышками, обнаружены протоны, ядра гелия, углерода, азота, кислорода и некоторых более тяжелых элементов, а также электроны и — менее уверенно — нейтроны. Ядерный состав солнечных космических лучей может существенно меняться от вспышки к вспышке, но при этом относительное содержание ядер тяжелее протона (т. е. ядер с зарядом $Z \geq 2$) остается приблизительно постоянным и отражает содержание элементов в солнечной атмосфере. В широких пределах (в несколько десятков раз) меняется лишь соотношение между потоками протонов и ядер с $Z \geq 2$. Состав солнечных космических лучей определяется, по-видимому, начальной стадией ускорения частиц. А некоторые особенности ядерного состава, вероятно, обусловлены неизвестными пока деталями процесса ускорения на более поздних стадиях.

Ускорение, распространение и приход к Земле солнечных частиц связаны с длинной цепочкой событий, предшествующих вспышке и сопровождающих ее. Эта связь остается пока неясной во всех деталях, однако первопричина многих геофизических явлений установлена, а комплекс вопросов, исследуемых в этой области космофизики, получил название проблема «Солнце — Земля».

В основе этой проблемы лежит простой факт: кроме спокойного теплового излучения, которым определяется средняя температура каждой планеты солнечной системы, Солнце создает также другие виды излучения спорадического (менее постоянного) характера. Спорадическое излучение Солнца, согласно современным представлениям, вызывает ряд интересных геофизических явлений. Прежде всего, это — полярные сияния, которые можно видеть невооруженным глазом. А таким несложным прибором, как компас, можно обнаружить другое явление — магнитные бури.

Используя современную экспериментальную технику, ученые могут наблюдать



ВСПЫШКА СОЛНЕЧНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ
по данным трех советских обсерваторий (площадь заштрихованных участков пропорциональна потоку солнечных частиц, пришедших в данный пункт наблюдения)

ионосферные возмущения, модуляцию (ослабление или усиление потока) галактических космических лучей, вариации захваченных частиц в радиационных поясах Земли, вспышки солнечных космических лучей и т. д. Многие важные научные результаты на пути решения проблемы «Солнце — Земля» (например, открытие радиационных поясов Земли) удалось получить лишь с помощью спутников и космических ракет.

ДВА ВИДА КОРПУСКУЛЯРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ СОЛНЦА

Современные данные космической физики свидетельствуют о том, что многие геофизические явления обусловлены ультрафиолетовым, рентгеновским и корпускулярным излучением Солнца. Установлено, что все виды излучения Солнца усиливаются в периоды повышенной солнечной активности, особенно во время мощных солнечных вспышек.

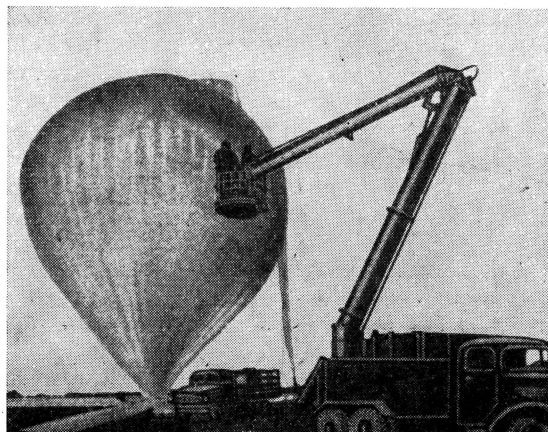
Ультрафиолетовое и рентгеновское излучения распространяются от Солнца прямолинейно и, по-видимому, оказывают влияние лишь на верхние слои атмосферы Земли. Корпускулярное излучение состоит, главным образом, из электронов и протонов, поэтому оно оказывает заметное воздействие на межпланетное и земное магнитные поля и само подвергается, в свою очередь, влиянию этих полей.

Солнечное корпускулярное излучение, в зависимости от энергии частиц, можно разделить на два класса. К первому классу следует отнести частицы с энергией 1—100 тыс. эв. Они идут к Земле в виде мощных солнечных корпускулярных потоков. Их воздействие на магнитное поле Земли вызывает, главным образом, магнитные бури и полярные сияния. К тому же классу относятся частицы солнечного ветра — непрерывного потока ионизованных газов из расширяющейся короны Солнца.

Мы рассмотрим только частицы второго класса, испускаемые Солнцем во время вспышек. Эти частицы могут ускоряться до энергии от 1 Мэв до 10 Бэв. Из-за близкого сходства с космическими лучами галактического происхождения их обычно называют солнечными космическими лучами.

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Методика обнаружения солнечных космических лучей у Земли определяется их энергией. Первая вспышка космических лучей (28 февраля 1942 г.) была зарегистрирована с помощью наземных приборов — иони-



ВОЗДУШНЫЙ ШАР С АППАРАТУРОЙ для измерения космических лучей в стратосфере готовят к запуску

зационных камер. Такие камеры были установлены в нескольких пунктах земного шара на различных широтах.

В период подготовки к Международному геофизическому году (1957—1958 гг.) для измерения космических лучей была создана мировая сеть станций, укомплектованных ионизационными камерами и нейтронными мониторами. Эти приборы имеют максимальную чувствительность к первичным частицам с энергиями 1—10 Бэв, что позволяет уверенно регистрировать высокоэнергичную часть спектра солнечных космических лучей. Поскольку магнитное поле Земли заметно влияет на движение частиц лишь при энергиях меньше 10 Бэв, то частицы от вспышки могут проникать даже на экватор, где отклоняющее действие геомагнитного поля максимально. Такой случай наблюдался 23 февраля 1956 г., когда увеличение потока космического излучения по сравнению с нормальным фоновым уровнем достигало десятков, сотен и даже тысяч процентов (в зависимости от широты). Вспышки такого типа случаются один раз в несколько лет. По мощности вспышка 23 февраля 1956 г. превосходила все остальные, наблюдавшиеся за всю историю их исследования.

Гораздо чаще (в среднем раз в месяц) происходят вспышки, сопровождающиеся потоком солнечных космических лучей с энергиями 100—500 Мэв. Однако из-за отклоняющего действия магнитного поля Земли частицы с такими энергиями могут достигать только высоких широт. Кроме того, при этих энергиях начинает сильно ска-

зываются поглощение частиц в атмосфере Земли, поэтому для их регистрации необходимо поднимать измерительную аппаратуру на большую высоту в стратосферу с помощью воздушных шаров и геофизических ракет. Исследования подобного рода проводятся в различных странах, в том числе в СССР.

Сведения о природе частиц еще меньших энергий (1—100 *Мэв*) можно получить косвенным путем, исследуя вызванный ими эффект усиленного поглощения коротких радиоволн в полярных областях. Этот эффект наблюдается уже через несколько часов после мощной солнечной вспышки и охватывает весь район полярной шапки. Специальные приборы — риометры непрерывно следят за интенсивностью радиоволн из космоса (космических радиопомех) и немедленно реагируют на малейшие колебания их уровня.

Принципиально новые возможности для исследования солнечных космических лучей открывает использование искусственных спутников Земли (особенно с сильно вытянутой орбитой, выходящей за пределы магнитосферы) и автоматических межпланетных станций (АМС): ведь за пределами атмосферы и магнитосферы Земли можно непосредственно измерять солнечные частицы любой энергии!

ВНИМАНИЕ, СОЛНЕЧНАЯ ВСПЫШКА!

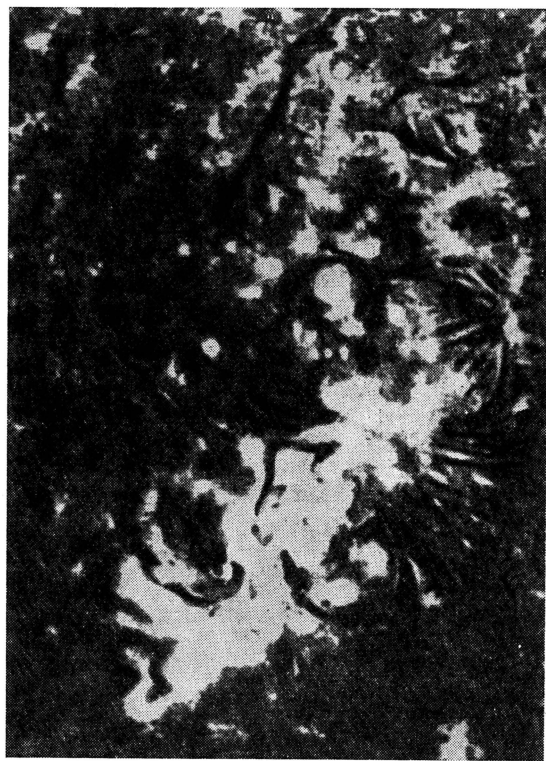
Не только астрономы и любители астрономии, но и просто любознательные люди хорошо знакомы с солнечными пятнами. Пятна представляют собой области более «холодного» (по сравнению с окружающим) и, следовательно, более «темного» солнечного газа (отсюда название — «пятна»). В пятнах наблюдаются сильные магнитные поля (обычно от 1200 до 3500 *гс*), причем два соседних пятна могут иметь поля противоположной полярности. Если два таких пятна «подплывают» слишком близко друг к другу, то на границе раздела их полей может начаться вспышка.

Поток геоактивного излучения вспышки (корпускулярного и электромагнитного) устремляется к Земле и вызывает ионосферные возмущения, геомагнитные бури, полярные сияния, поглощение космических радиопомех, понижение интенсивности галактических космических лучей, вспышки солнечных космических лучей и другие геофизические явления.

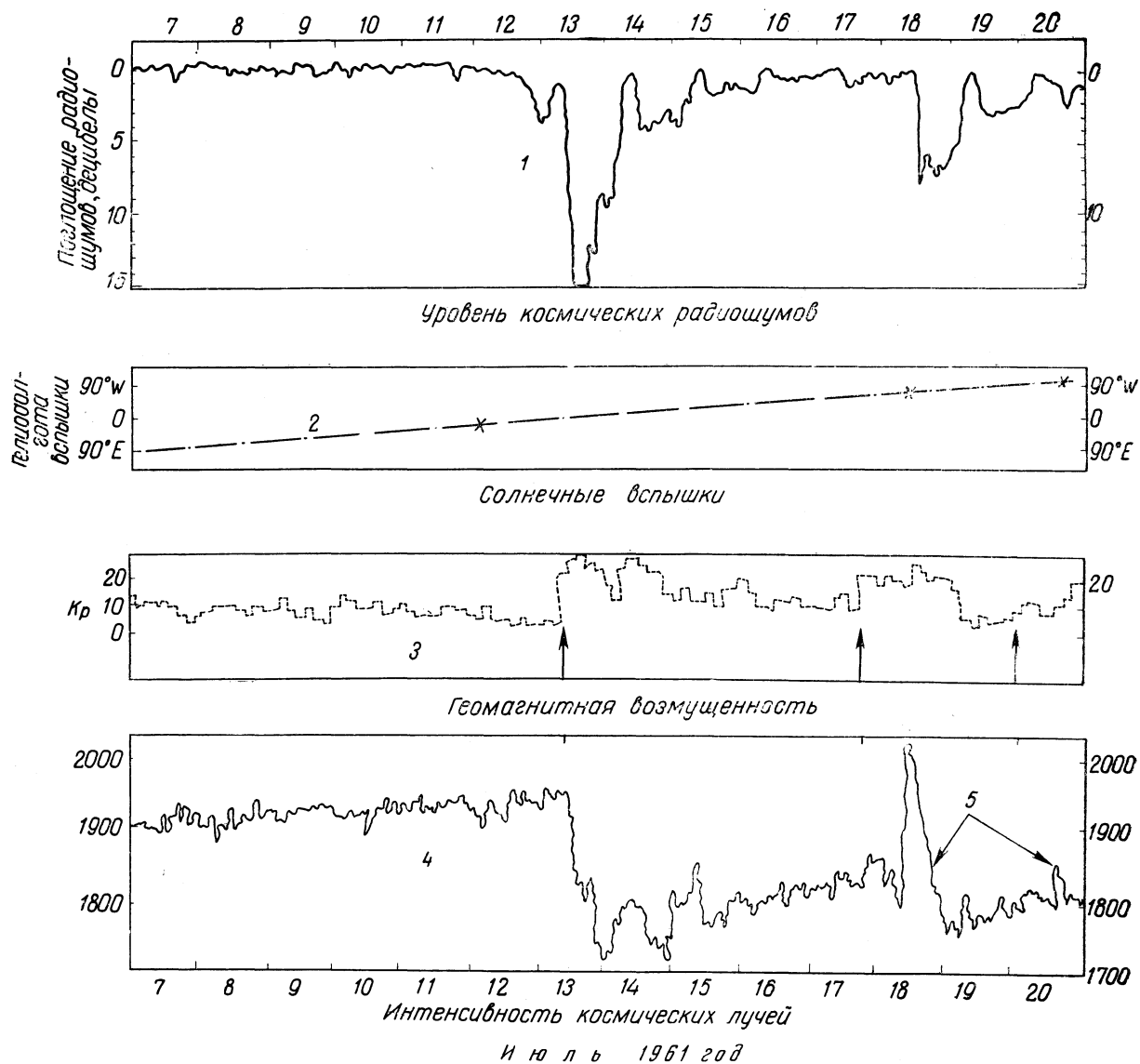
Уже на примере июльских вспышек 1961 г. видно, что солнечно-земные явления

достаточно сложны, а их анализ (особенно в деталях) представляет большие трудности. Особенно поразительным и загадочным остается тот факт, что не каждая вспышка на Солнце сопровождается появлением у Земли потока солнечных космических лучей высокой энергии. Все наиболее значительные возрастания интенсивности космических лучей, зарегистрированные до сих пор, наблюдались в периоды спада или подъема солнечной активности, но не в момент минимума или максимума.

Изменение интенсивности солнечных частиц со временем отличается сравнительно быстрым нарастанием до максимума, а затем медленным спадом в течение многих часов. Эта особенность обусловлена рассеянием (диффузией) частиц на неоднородностях межпланетного магнитного поля. Анализ данных об изменении потока солнечных частиц со временем и об их угловом распределении показал, что размеры неоднородностей достигают 0,5—1 млн. км, а расстояния между ними могут быть гораздо



ФОТОГРАФИЯ ТИПИЧНОЙ СОЛНЕЧНОЙ ВСПЫШКИ на фоне более темного газа фотосферы Солнца



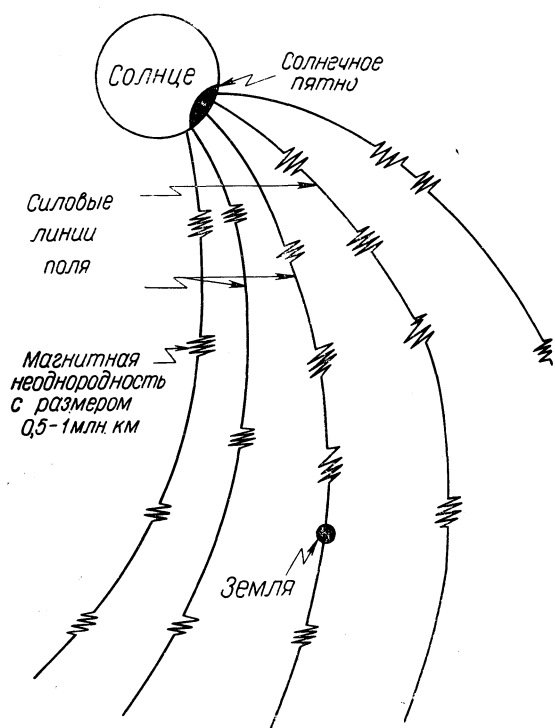
Условные обозначения

1 — 2 — 3 — 4 — 5

СОЛНЕЧНО-ЗЕМНЫЕ ЯВЛЕНИЯ в середине июля 1961 г.: 1 — уровень поглощения коротких радиоволн в полярных шапках Земли (в децибеллах); 2 — гелиографическая долгота солнечных вспышек (в градусах) в зависимости от времени; 3 — уровень возмущенности магнитного поля Земли (в условных единицах). Стрелками показано начало магнитных бурь; 4 — изменение интенсивности космических лучей на поверхности Земли (в произвольных единицах); 5 — вспышки солнечных космических лучей

больше. Если эти результаты сравнить с данными прямых магнитных измерений, выполненных автоматическими станциями, можно приблизительно представить модель межпланетного поля.

В середине мая 1969 г. две советские автоматические межпланетные станции «Венера-5» и «Венера-6», проделав путь длиной в 250 млн. км, достигли окрестностей нашей ближайшей (после Луны) космической со-



МОДЕЛЬ МЕЖПЛАНЕТНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ с неоднородностями, на которых рассеиваются солнечные частицы

седки. За время четырехмесячного полета к Венере приборы станций зарегистрировали много всплесков солнечных космических лучей с энергией 1—4 Мэв, из них 12 — значительных. Четыре всплеска отличались сложной структурой и большой продолжительностью: каждая из них длилась не менее 7 суток. Интенсивность частиц во много раз превосходила уровень галактического фона в отличие от значительно менее интенсивных возрастаний, наблюдавшихся при полетах станций «Венера-2» и «Зонд-3» в декабре 1965 г. Эти явления, очевидно, связаны с высокой активностью Солнца в первой половине 1969 г., а именно, с группами больших солнечных всплесков, происходивших в этот период времени.

ЧАСТИЦЫ — «ПЛЕННИЦЫ». МАГНИТНЫЕ ЛОВУШКИ В КОСМОСЕ

При исследовании поведения частиц в магнитном поле (и в космосе, и в наземных установках для изучения плазмы) часто го-

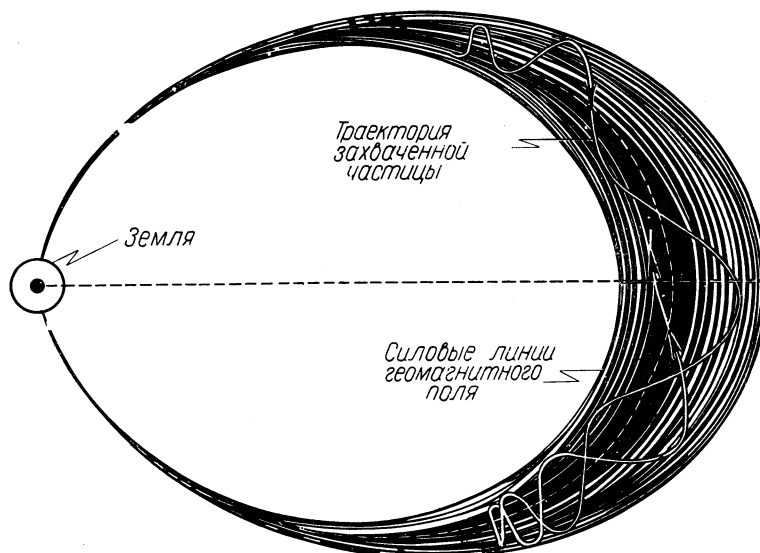
ворят о магнитных ловушках заряженных частиц.

Что такое магнитная ловушка? Представим себе магнитное поле в виде пучка параллельных силовых линий. Если в такое поле влетит заряженная частица под любым углом, не равным 90° , то в дальнейшем она будет совершать винтообразное движение, постепенно перемещаясь вдоль поля. Таким образом, частица оказывается «привязанной» к силовым линиям магнитного поля. Если теперь параллельный пучок силовых линий «изогнуть» и сделать из него магнитную «петлю», то частица будет «послушно» двигаться вдоль «петли». Кроме того, если силовые линии окажутся замкнутыми, т. е. будут напоминать концентрические окружности, то в идеальном случае частица уже не «вырвется» из этого «заколдованного круга». Конечно, такая упрощенная схема не отражает реальных свойств и многообразия магнитных ловушек, существующих в природе. Но она иллюстрирует принципиальную возможность их образования.

В большинстве зарегистрированных до сих пор случаев солнечные космические лучи достигали Земли гораздо раньше корпускулярного потока и независимо от него. Иногда начало возрастания потока солнечных космических лучей совпадало по времени с приходом корпускулярного потока. Поскольку в корпускулярных потоках всегда есть значительное магнитное поле, то неизбежно возникает «подозрение», что такое совпадение не случайно. По-видимому, в корпускулярных потоках могут существовать магнитные ловушки, захватывающие в «плен» какую-то долю солнечных космических лучей. При взаимодействии с магнитным полем Земли (если Земля оказывается внутри корпускулярного потока, поперечные размеры которого могут составлять многие миллионы километров) ловушки «разрываются» и частицы «высыпаются» из них. Такой случай произошел, например, в мае 1959 г., когда по наблюдениям в стратосфере независимо советские и американские исследователи зарегистрировали большое возрастание (примерно в 40 раз) потока частиц с энергией больше 120 Мэв, причем его начало совпадало с началом магнитной бури. Аналогичное событие было отмечено американским спутником «Эксплорер-12» 30 сентября 1961 г.

Гигантские ловушки космических лучей весьма разнообразны по своим свойствам.

ДВИЖЕНИЕ ЗАРЯЖЕННОЙ ЧАСТИЦЫ в околоземной магнитной ловушке (модель радиационного пояса Земли)



Поведение заряженных частиц в них существенно зависит как от напряженности и конфигурации магнитного поля, так и от энергии (скорости) частиц. Одно и то же магнитное образование может служить прекрасной ловушкой для частиц с энергией, меньшей некоторой критической, и быть практически «прозрачным» для частиц более высокой энергии. Ловушка в окрестности Земли, например, образована магнитным полем, близким к дипольному. Она отличается высокой степенью стабильности и

долго удерживает частицы. Именно поэтому вокруг Земли существуют радиационные пояса из заряженных частиц. В то же время ловушки в окрестности вспышек или в солнечных корпускулярных потоках значительно более «прозрачны» для частиц.

По-видимому, космической магнитной ловушкой можно считать любое магнитное образование, в котором движение и время нахождения заряженных частиц существенно отличаются от «поведения» их в свободном пространстве.

ГРАВИТАЦИОННЫЕ ВОЛНЫ ОБНАРУЖЕНЫ?

В 1916 г. А. Эйнштейн в общей теории относительности предсказал существование «гравитационного излучения». Если в пространстве как-то изменяется распределение масс, например, при орбитальном движении двойных звезд, то возникают гравитационные волны, распространяющиеся со скоростью света. Эйнштейн рассмотрел вращение цилиндрического стержня вокруг оси, перпендикулярной его длине. Частота излучения при этом должна вдвое превышать частоту вращения, а излучаемая мощность составит $1,73 \cdot 10^{-59} I^2 \omega^6$ эрг/сек, где I — момент инерции стержня относительно оси вращения, ω — угловая скорость. Если длина стержня 1 м, а вращение столь быстро, что стержень находится на пределе разрыва, то вся система будет излучать примерно 10^{-30} эрг/сек. Столь ничтожное гравитационное излучение невоз-

можно обнаружить в лаборатории. Но есть надежда зарегистрировать гравитационное излучение от небесных объектов. Это и пытался сделать начиная с 1958 г. доктор Дж. Вебер (США). Если последние результаты его тонких экспериментов истолкованы правильно, то гравитационное излучение, падающее на Землю из Космоса, действительно зарегистрировано.

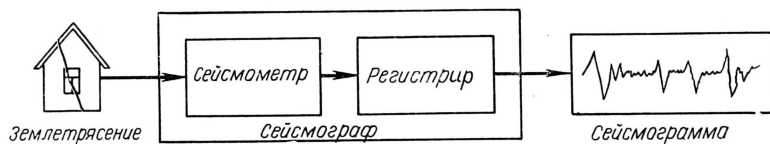
В экспериментах использовались два (и более) детектора. Один был установлен в Мэриленде, другой — близ Чикаго, в 1000 км от первого. Каждый детектор представляет собой алюминиевый цилиндр около 1,5 м длиной и весом в 1 т. На его поверхности расположены пьезоэлектрические кристаллы. Проходящая гравитационная волна деформирует цилиндр, заставляя его колебаться. Эти механические колебания пьезодатчики преобразуют в электрические сигналы. Цилиндры настроены на частоту 1660 гц. Гравитационное излучение такой частоты можно ожи-

дать при взрывах сверхновых звезд. Детекторы, расположенные в разных городах, были связаны телефонной линией, и если они реагировали одновременно (в пределах 0,44 секунды), то включался самописец. Одиночный детектор не смог бы отличить гравитационное излучение от сейсмических или электромагнитных помех.

В сообщении Дж. Вебера указывается, что в течение 81 дня зарегистрировано 17 случаев двукратных совпадений (на паре детекторов), 5 случаев — трехкратных и 3 случая — четырехкратных. Расчет показывает, что вероятность случайного появления многократных совпадений неправдоподобно мала, так что есть серьезные основания считать эксперимент удачным. Однако современное оборудование недостаточно чувствительно к направлению воздействия, поэтому определить местоположение источника на небе пока невозможно.

«Sky and Telescope», 38, 2, 1969.

Как записывают



землетрясения

В. М. ФРЕМД

кандидат физико-математических наук



ЖУРНАЛ, ВЗЯТЫЙ ДВУМЯ пальцами за уголок, — маятник горизонтального сейсмометра. Можно качать его с периодом, равным примерно 1 секунде, а сжимая и ослабляя пальцы, регулировать затухание. Можно моделировать землетрясение — водить руку вправо, влево. Вы убедитесь, что при периодах колебаний почвы, больших собственного периода маятника, он движется вместе с почвой и основанием, а при быстрых, высокочастотных колебаниях маятник остается на месте, т. е. колеблется относительно основания прибора

Непрерывно, не зная отдыха, сотни сейсмических станций всего мира записывают колебания земной поверхности. Часто на сейсмической станции гудит сигнал тревоги, оповещающий о сильном землетрясении. Сейсмографы фиксируют и далекие разрушительные толчки на противоположной стороне Земли, и такие близкие, что здание станции начинает раскачиваться — очаг землетрясения совсем рядом!

Чтобы заметить самые слабые землетрясения, приходится использовать наиболее чувствительные сейсмографы, которые обнаруживают перемещение почвы в одну миллионную долю миллиметра, т. е. в 50 000 раз меньше толщины волоса. А при самых сильных подземных толчках, когда (по одной из сейсмических шкал балльности) «никакое создание рук человеческих не может уцелеть», сейсмические приборы, оказавшиеся в области эпицентра, обязаны уцелеть и выполнить свой долг.

СЕЙСМОГРАФЫ

Сейсмографы — приборы для записи колебаний почвы и сооружений при землетрясениях и взрывах. Любой сейсмограф состоит из сейсмометра, воспринимающего колебания, и записывающего устройства — регистратора.

Существует два класса инструментов, измеряющих колебания: приборы с неподвижной шкалой отсчета и приборы инерционного действия. Вбитая в дно водоема рейка с делениями, торчащая из воды и позволяющая измерять колебания ее уровня, — вот простейший инструмент с неподвижной шкалой.

Все реальные системы отсчета, пригодные для регистрации колебаний земной поверхности, связаны с этой поверхностью и при землетрясении колеблются вместе с ней. Поэтому в сейсмометрии используют приборы инерционного действия. Основание такого прибора устанавливается на земной поверхности. Инертная масса прибора (маятник), упругим подвесом сочлененная с основанием, стремится сохранить свое положение в пространстве при колебаниях почвы. Регистрируется движение сейсмометра относительно инертной массы.

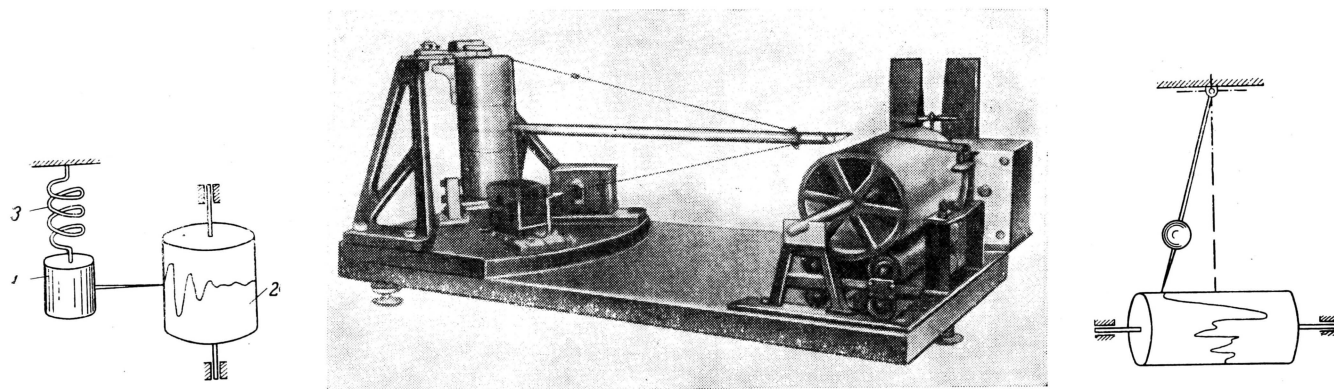
Свойства физического маятника — главного элемента сейсмометра — хорошо изучены. Выведенный из положения равновесия и предоставленный самому себе, маятник совершает затухающие колебания. Период собственных колебаний и величина затухания — вот два основных параметра, определяющие реакцию сейсмометра на колебания почвы, т. е. его частотную характеристику.

Для записи близких ощутимых землетрясений часто используют простые сейсмографы с механической или оптической регистра-

цией. Собственный период этих сейсмографов обычно не превышает 5 секунд, увеличение (отношение амплитуды записи к амплитуде колебаний почвы) — от единиц до сотен.

ГАЛЬВАНОМЕТРИЧЕСКАЯ РЕГИСТРАЦИЯ

В начале XX в. Б. Б. Голицын предложил гальванометрическую регистрацию. Это был революционный способ. Сущность его заключается в том, что движение маятника сейсмометра преобразуется в электрические сигналы. Они поступают на гальванометр, а на регистрирующем аппарате записываются колебания подвижной системы гальванометра. Этот способ существенно увеличил регистрационные возможности аппаратуры. Гальванометр тоже характеризуется собственным периодом и степенью затухания. Соединив две такие системы, можно значительно расширить частотную характеристику комплекта. Например, соединение 10—15-секундного сейсмометра со 100-секундным гальванометром позволяет регистрировать смещения почвы в диапазоне периодов от единиц до 100 секунд и более. При соединенные к сейсмометрам чувствительные гальванометры обеспечивают увеличения до сотен тысяч раз. Гальванометрический способ регистрации используется в типовых сейсмографах системы Д. П. Кирноса, кото-



ОБЩИЙ ВИД СЕЙСМОГРАФА (в центре). Вертикальный сейсмометр с механической регистрацией (слева). Горизонтальный сейсмометр с механической регистрацией (справа). Перемещения груза (1) относительно почвы записываются на барабанах (2). Груз связан с основанием прибора пружиной (3)

рыми оснащены сейсмические станции СССР и других стран. Этот же способ используется и в Мировой сети станций, организованной Службой Береговой и Геодезической съемки США.

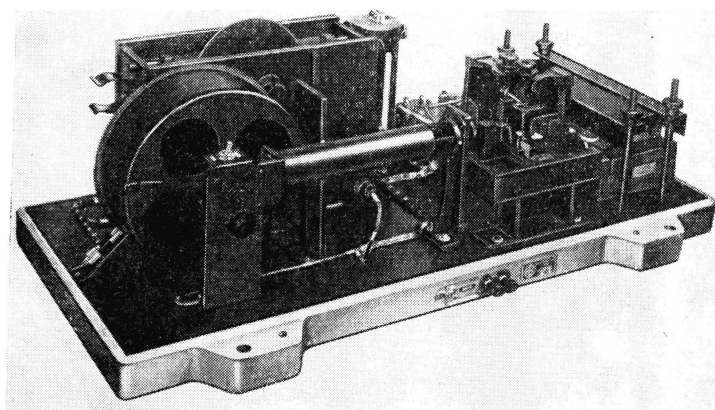
СЕЙСМИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

Журналисты, побывав на сейсмической станции, в своих корреспонденциях не скупятся на медицинские термины: «выслушивающие Землю», «пульс планеты» и т. д. Действительно, колебания почвы, «дыхание Земли», прослушиваются круглосуточно. И если не записывается землетрясение, то регистрируется сейсмический шум — микросейсмы, которые есть в любой точке нашей планеты.

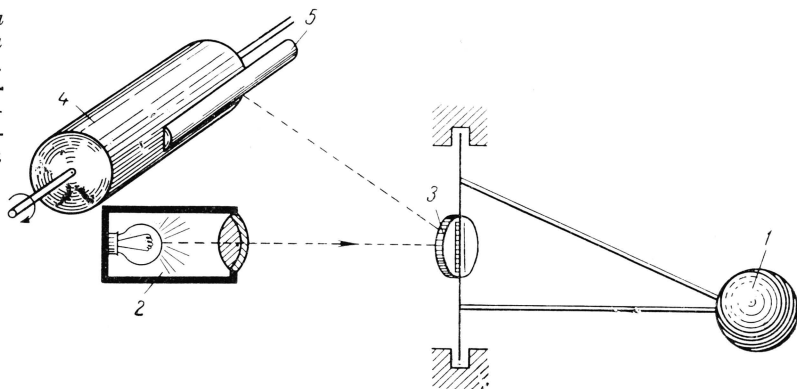
Вопрос о выборе параметров сейсмографов непосредственно связан с микросейсмами. Слишком чувствительный прибор будет все время записывать микросейсмы, и только. Эти записи тоже нужны. По океаническим микросейсам, например, удастся определить направление приближающегося циклона (иногда можно услышать термин «сейсмометеоро-

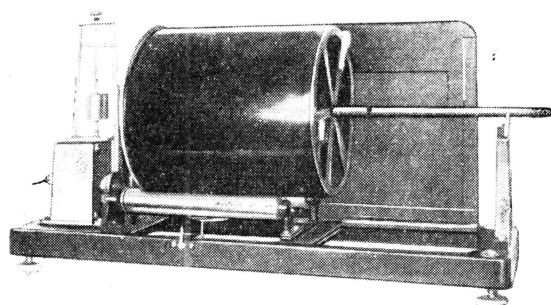
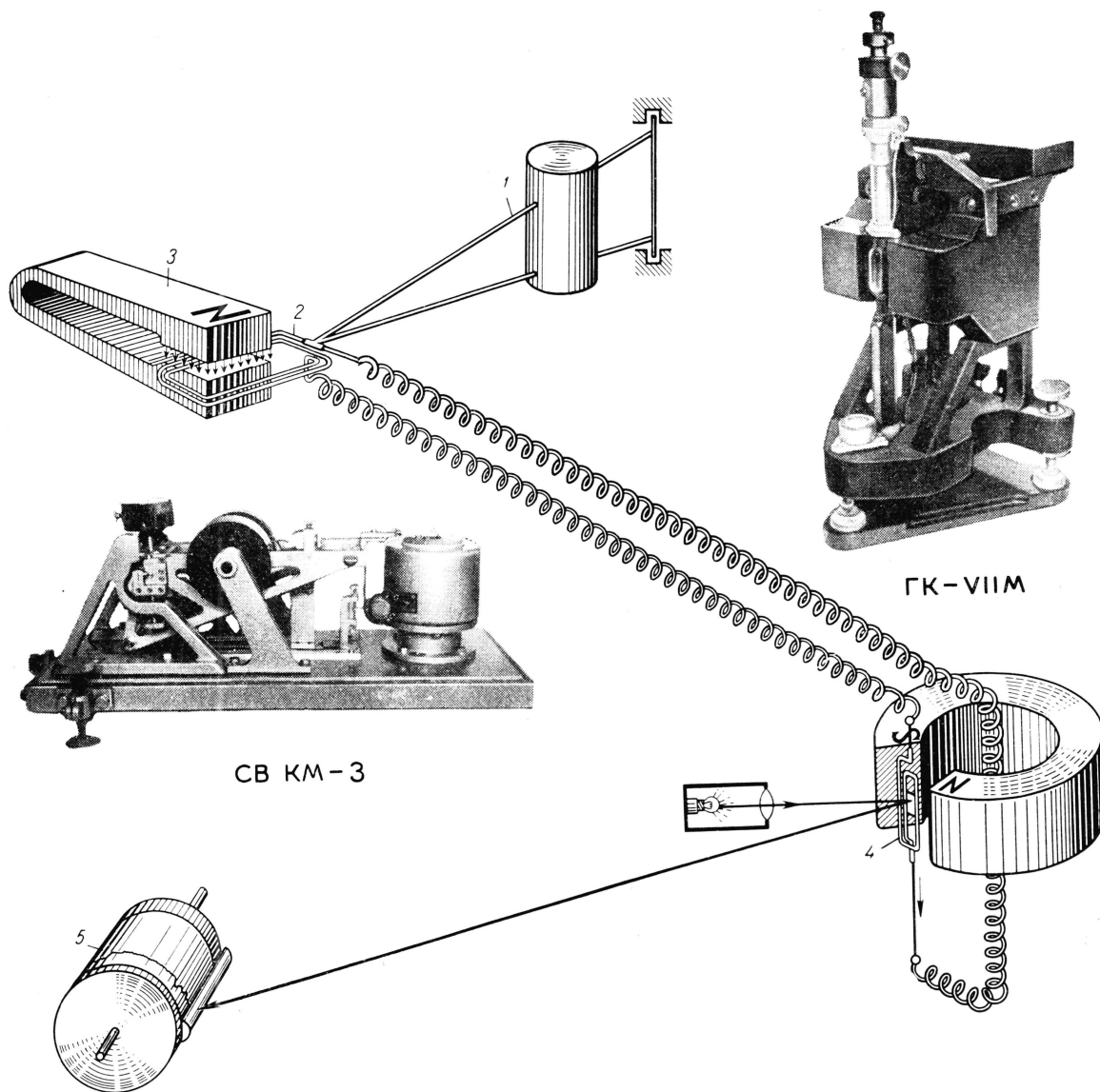
логия»). Для записи же землетрясений микросейсмы — это помехи. Разглядеть на фоне микросейсм вступление слабой волны — задача не из легких. Поэтому увеличение сейсмографов приходится соразмерять с уровнем микросейсм.

Амплитуда колебаний поверхности Земли при микросейсмах, зарождающихся в океанах, порядка 1 мм. На записях типовых сейсмографов допустимы помехи с амплитудой порядка 1 мм. Взяв отношение $1 \text{ мм} / 1 \text{ мкм} = 1000$, мы получили порядок допустимого увеличения для сейсмографа, работающего в диапазоне периодов океанических микросейсм (1—10 секунд). Такие сейсмографы с увеличением в 1000 раз регистрируют сравнительно сильные удаленные землетрясения. Чтобы записать более слабые толчки, нужно повысить чувствительность сейсмографа, а для этого необходимо «убежать» от больших микросейсм. Настроив сейсмограф на периоды 0,1—1 секунды, мы попадаем в область высокочастотных микросейсм, связанных с деятельностью человека, с ветром, деревьями, реками и т. п. Амплитуда этих микросейсм в



ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ СЕЙСМОМЕТР с оптической регистрацией. При колебаниях маятника (1) луч света от осветителя (2), отражаясь от зеркала (3), прикрепленного к маятнику, будет записывать колебания на обтянутом фотобумагой вращающемся барабане (4). Цилиндрическая линза (5) служит для фокусировки луча. Вверху показана простая ждущая установка — акселерограф УАР с оптической регистрацией, записывающий землетрясения от 6—7 баллов и выше





PC - II

МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ СПОСОБ светолучевой гальванометрической фоторегистрации. При движении маятника сейсмометра (1) укрепленная на нем катушка (2) перемещается в зазоре постоянного магнита (3). В цепи, состоящей из катушки сейсмометра, соединительных проводов и рамки гальванометра (4), появляется ток. Расположенная в зазоре магнита рамка поворачивается, и световой луч, отраженный от зеркала гальванометра, регистрирует этот поворот на вращающемся барабане (5), обтянутом фотобумагой. На этом же рисунке показаны используемые в сейсмической службе сейсмометр СВКМ-3, гальванометр ГК-VIIM и регистр PC-II

десятки и сотни раз меньше океанических. И, соответственно, в десятки и сотни раз удается повысить увеличение сейсмографов. Именно такие высокочувствительные сейсмографы и позволяют регистрировать микроскопические перемещения почвы. Уровень высокочастотных микросейсм сильно меняется от места к месту. Поэтому выбор точек установки высокочувствительных сейсмографов — дело не простое. Этим занимаются специальные экспедиции. Точки на земном шаре, в которых удается, как говорят, реализовать увеличение 100—200 тысяч, можно буквально «по пальцам перечесть».

Еще одно ограничение, влияющее на выбор характеристик сейсмографов, — сравнительно низкий динамический диапазон (отношение максимального и минимального регистрируемых сигналов) используемых сейчас в сейсмометрии способов записи. Подсчитаем динамический диапазон сейсмографа для записи всех землетрясений силой от 1 до 10 баллов. При изменении балльности на единицу амплитуда колебаний изменяется примерно в 2 раза. Разумеется, резкой границы здесь нет. Внутри каждого балла максимально возможная амплитуда отличается от минимальной тоже приблизительно в 2 раза. Отсюда уже легко заключить, что отношение максимальной амплитуды колебаний при 10-балльном землетрясении к минимальной амплитуде при самом слабом 1-балльном землетрясении будет около 1000. В то же время, у наиболее распространенных осциллографов с записью на фотобумаге или с чернильными перьями динамический диапазон не превышает 200. Существуют, конечно,

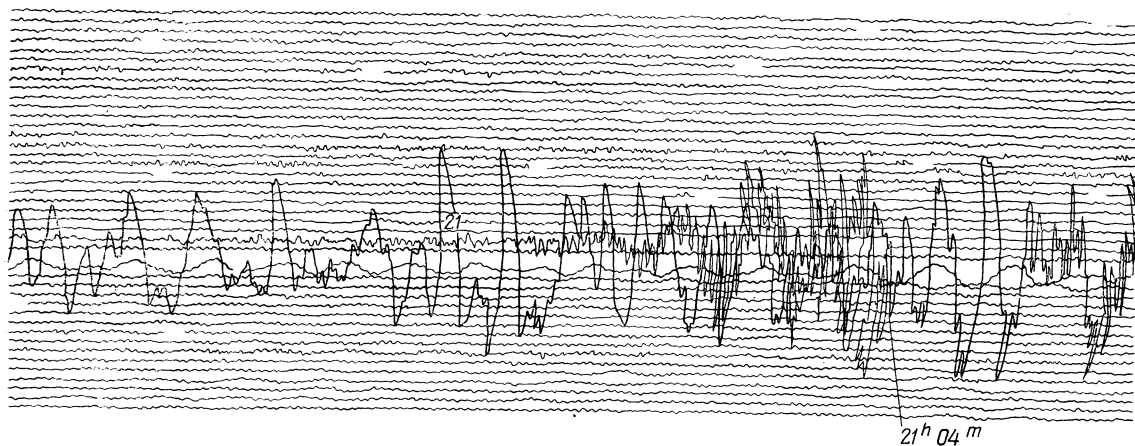
приборы и с большим динамическим диапазоном. Однако это, как правило, лабораторные установки, которые уже при 7—8-балльных землетрясениях трудно использовать.

При конструировании сейсмографов приходится учитывать еще многие сейсмологические и аппаратные требования: допустимые искажения, удобство обработки записей, аппаратные шумы и т. д. И чтобы зарегистрировать все землетрясения — от очень слабых до самых сильных — на сейсмической станции обычно устанавливают набор различных сейсмографов.

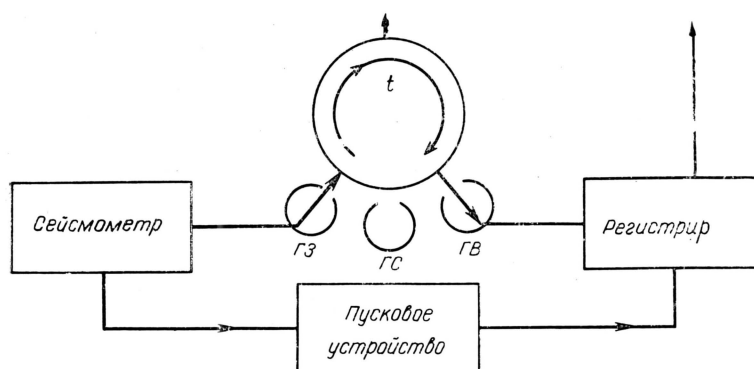
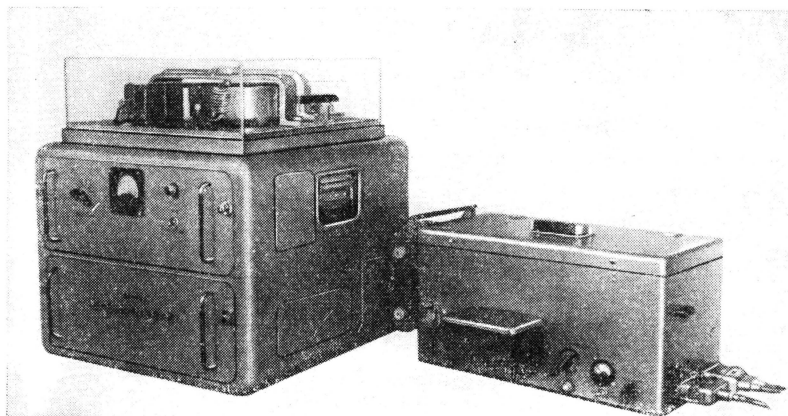
Колебания почвы большинство сейсмографов регистрирует на фотобумаге. В последние годы в сейсмометрии все чаще применяются и другие способы записи: на специальной бумаге без фотообработки, чернилами на обычной бумаге и магнитная запись. Очень перспективны сейсмографы с цифровой регистрацией, записи которых могут непосредственно вводиться для обработки и анализа в быстродействующие вычислительные машины.

Современные сейсмографы регистрируют на сейсмограмме максимум возможной информации, а при обработке сейсмологи выбирают нужные им сведения. Но ведь можно создать сейсмические приборы с узкой специализацией, например: энергометр для измерения энергии землетрясений, азимутрограф для определения азимута на эпицентр, спектрограф для непосредственного вычерчивания спектра приходящих колебаний и т. п. В некоторых случаях специализированные сейсмические приборы незаменимы.

Так, сильные землетрясения с очагом под



СЕЙСМОГРАММА С ЗАПИСЬЮ ОДНОГО ИЗ ПОВТОРНЫХ ТОЛЧКОВ Ташкентского землетрясения 26 апреля 1966 г. Интенсивность толчка около 5 баллов. Здесь же — запись удаленного землетрясения (низкочастотные колебания, накладывающиеся на запись повторного толчка 5 июня 1966 г. в 21 час 04 минуты). Увеличение около 3000



БЛОК-СХЕМА И ОБЩИЙ ВИД автоматической станции с памятью. Сигналы от сейсмометров поступают на головки записи (ГЗ) и регистрируются на непрерывно вращающемся магнитном барабане. Когда землетрясения нет, сигналы стираются головкой (ГС) и не попадают на регистр. Таким образом, начальная фаза землетрясения, предшествующая включению регистратора, не будет утеряна. Как только начинается землетрясение, пусковое устройство включает регистр и на него с головки воспроизведения (ГВ) поступают сигналы, сдвинутые на время оборота барабана (время памяти t)

дном моря порождают в некоторых районах разрушительные морские волны — цунами. На Дальнем Востоке работает специальная Служба оповещения о цунами. Чтобы успеть предупредить население о возможном приближении гигантской разрушительной волны, нужно очень быстро, не ожидая окончания записи на сейсмических приборах, определить азимут эпицентра, эпицентральное расстояние и оценить энергию толчка. Установленные на цунами-станциях азимутотграфы и сейсмографы позволяют сразу сказать, какое землетрясение породило быстрые сейсмические волны и не идет ли вслед за ними медленная разрушительная волна — цунами. Предвестники цунами — сейсмические волны добегают до станции быстрее морских волн.

АВТОМАТИЧЕСКИЕ СЕЙСМИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

Любую современную сейсмическую станцию можно назвать автоматической. Действительно, в промежутке между сменой лент

на регистрирах станция работает без участия персонала. Специальные устройства сигнализируют о происходящем землетрясении, следят за качеством записи, сообщают о возникающих неисправностях, принимают по радио сигналы точного времени и наносят масштаб времени на сейсмограммы.

Однако нужны и полностью автономные сейсмические станции. Это — донные сейсмографы, работающие на дне океанов; лунные сейсмографы, которые сейчас уже функционировали на поверхности нашего естественного спутника; сейсмографы для регистрации редких сильных землетрясений.

Если землетрясения силой от 5 баллов и выше происходят в каком-то районе не чаще, чем раз в полгода, то нерационально эти полгода вести непрерывную круглосуточную регистрацию ради одной минуты полезной записи. В таких случаях используют ждущие приборы. Пока землетрясения нет, сейсмограф находится в режиме ожидания. Он «просыпается» лишь с началом землетрясения. При этом специальное пусковое уст-

ройство, например маятник с электрическими контактами, включает регистрирующую часть сейсмографа и начинается запись. Но, к сожалению, начальная фаза землетрясения, предшествующая включению пускателя, на сейсмограмме отсутствует. От этого недостатка свободны автоматические сейсмические станции с запоминающим устройством.

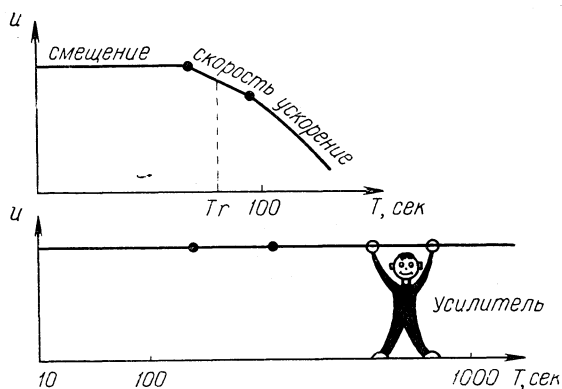
Существуют и автономные сейсмические станции с непрерывной регистрацией. Чаще всего на таких станциях используются низкоскоростные магнитографы. Землетрясения можно записать и на микрофотоплёнке. На одном квадратном миллиметре такой плёнки умещается до нескольких тысяч единиц информации.

ДВЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ СЕЙСМОМЕТРИИ

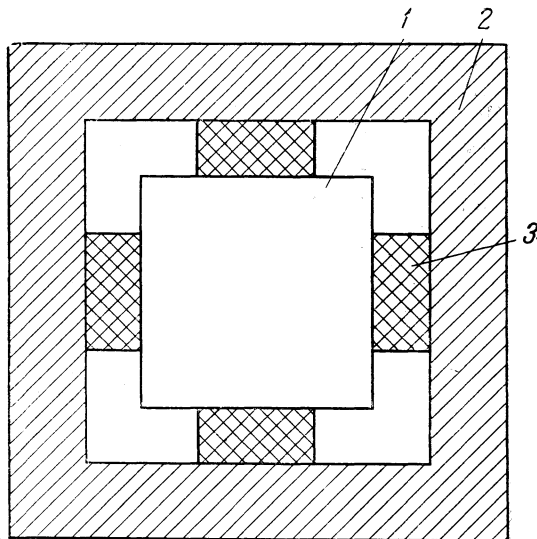
Много сил сейчас тратится на то, чтобы решить проблемы, связанные с регистрацией длиннопериодных колебаний и самых сильных землетрясений. Записи длиннопериодных колебаний используются для изучения внутреннего строения Земли. Записи сильных землетрясений очень нужны специалистам по инженерной сейсмологии и сейсмостойкому строительству.

Простой и надёжный способ гальванометрической регистрации в его классическом виде не позволяет решить эти проблемы. У сейсмографа, записывающего смещения почвы в диапазоне периодов сейсмических волн до нескольких сотен секунд, сейсмометр или гальванометр должны иметь собственный период такого же порядка. На сейсмических станциях работают гальванометры с собственным периодом около 100 секунд. Существуют 200- и 600-секундные гальванометры. Однако приборы эти настолько сложны, капризны, что о повсеместном применении их пока не может быть и речи. То же относится и к длиннопериодным сейсмометрам.

Проблема создания длиннопериодных сейсмографов тесно связана с проблемой регистрации самых сильных землетрясений. Чем сильнее землетрясение, тем более длинные периоды отмечаются в спектре сейсмических волн. К сожалению, мы вынуждены записывать сильные землетрясения прочными высокочастотными приборами. А между тем сейсмологов интересуют длиннопериодные колебания при самых сильных землетрясениях. Предполагают, что непосредственно перед сильным толчком очаг медленно «вздыхает». Таким образом, запись медленных



ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЫЧНОГО СЕЙСМОГРАФА (верхний рисунок). В длиннопериодной части записываются только ускорения колебаний, и сигналы становятся очень малыми. Малошумящий усилитель дважды интегрирует и усиливает эти малые сигналы. Поэтому удается «выпрямить» характеристику и продлить ее в область длинных периодов (нижний рисунок). U — частотная характеристика сейсмографа, T — период регистрируемых колебаний, T_r — период собственных колебаний гальванометра



РАЗРЕЗ ТРЕХКОМПОНЕНТНОГО пьезоэлектрического акселерометра. Инертная масса (1) маятника зажата в корпусе (2) прибора пьезоэлементами (3), которые одновременно служат пружинами. Чувствительность прибора к ускорениям может быть постоянной вплоть до периодов в десятки секунд. Акселерометр пригоден для регистрации самых сильных землетрясений. (Размер прибора 15×15×15 см)

низкочастотных колебаний в сейсмически опасном районе — возможный путь к краткосрочному прогнозу времени возникновения землетрясений. Истинный спектр сильных землетрясений в широком диапазоне периодов необходим и строителям, возводящим сооружения в сейсмичных районах.

Итак, с одной стороны, при сильных землетрясениях необходимо регистрировать колебания в возможно более широком диапазоне периодов, а с другой стороны, сейсмографы не должны ломаться при толчках, ударах, тряске, при ускорениях, в несколько раз превышающих ускорение силы тяжести. Здесь годятся только очень жесткие, высокочастотные системы.



ПРОБУЖДЕНИЕ... ИСПУГ... КАТАСТРОФА:

Балл I...

Балл V. Пробуждение.

Балл VI. Испуг.

Балл XI. Катастрофа.

Балл XII...

(Из шкалы сейсмической балльности MSK — 1964).

Описательная макросейсмическая «балльность» была когда-то в науке, а официально остается и сейчас, главной характеристикой разрушительного эффекта землетрясения на поверхности земли. По ней производилось сейсмостроение, с ней пытались согласовывать количественные физические показатели сотрясений, по которым должны рассчитываться сооружения на сейсмостойкость.

Но время безраздельного господства «балла» в сейсмологии подходит к концу. Вскоре сейсмическая опасность территорий будет оцениваться непосредственно по физическим, инженерным характеристикам колебаний грунта. Для инженерных же расчетов балл уже сейчас является архаичной, лишней инстанцией.

И все же старый добрый макросейсмический балл еще жив. Есть энтузиасты, преимущественно из «классиков», которые стараются его сохранить, найти ему новые области применения. И если балл выживет, что вполне возможно, то главная заслуга в этом будет принадлежать, несомненно, Н. В. Шебалину.

В докторской диссертации «Макросейсмическое поле и очаг сильного землетрясения», успешно защищенной 25 марта 1969 г. в Институте физики Земли имени О. Ю. Шмидта, Н. В. Шебалин делает почти чудо. Хорошо понимая, что непосредственно в инженерной сейсмологии песенка балла, в основном, уже спета, он виртуозно пользуется баллом, чтобы выявить особенности очага сильного землетрясения. Если раньше балл открыто и прямо направлялся на определение степени сейсмической опасности на земной поверхности, то теперь он уходит вглубь, под землю, и сможет быть использован для прежней цели лишь косвенно, через очаг. А уж сам очаг, по Шебалину, должен быть связан с физическими, инженерными параметрами колебаний почвы, которые можно и измерить, и рассчитать. Так на пороге полной капитуляции описательного макросейсмического балла Шебалин загоняет его в подполье и этим спасает ему жизнь.

Балльностью занимались в сейсмологии многие и много. Многого делалось в этой области наощупь,

Можно регистрировать ускорения колебаний почвы высокочастотными акселерографами, чувствительность которых постоянна вплоть до самых длинных периодов. Именно ускорения записывает ждущая установка УАР с оптической регистрацией. Во многих отношениях удобнее приборы, преобразующие колебания почвы в электрические сигналы. Очень хорош в этом смысле пьезоэлектрический акселерометр.

Многообразие задач сейсмометрии определяется бурным развитием наук о Земле, которое было бы невозможно без сейсмической аппаратуры, позволяющей получать материалы для решения таких проблем, как изучение строения Земли и планет, сейсмостойкое строительство, прогноз землетрясений.

стихийно, и это стало, в большей мере, традицией. Шебалин нарушает эту традицию. Первая задача, которая стояла перед ним, заключалась в том, чтобы ввести прочную логическую основу в само определение балла, подкрепить это определение статистикой. Вторая задача состояла в том, чтобы, пользуясь распространенными в разведочной сейсмологии представлениями о расхождении и поглощении сейсмических волн, навести порядок в эмпирических формулах общей сейсмологии по затуханию балльности, создать стройную систему выражения «макросейсмического поля». И, наконец, третья задача состояла в том, чтобы показать, на что «способен» балл, главным образом, при изучении очага.

Совокупность этих трех задач — крупная проблема серьезного научного и практического значения. Она блестяще решена Н. В. Шебалиным, который обладает большим опытом самостоятельных сейсмологических исследований, хорошо чувствует и понимает подоплеку работ других, обладает большой эрудицией и вместе с тем критическим и творческим мышлением.

Описательный макросейсмический балл переживает свой критический час. На смену ему выходят новые сильные инструментальные количественные методы оценки сейсмической опасности и им принадлежит будущее. Но старый добрый балл и в состоянии ограниченной активности еще сможет принести посильную пользу науке и практике.

Ю. В. РИЗНИЧЕНКО

Принадлежности к телескопам

Н. Н. МИХЕЛЬСОН

кандидат физико-математических наук

Свет, собранный телескопом, является носителем богатейшей информации о физических процессах, происходящих во Вселенной. Просто фотография звездного неба дает, в общем, лишь картинку, хотя из ее изучения можно получить сведения о структуре газовых и внегалактических туманностей, о наличии темных облаков поглощающей материи, о звездных скоплениях и цепочках звезд, о положении звезд, их движении и параллаксах и т. д. Однако гораздо более полные сведения о природе звезд можно получить, если подвергнуть излучение звезд точному количественному, спектральному и фотометрическому анализу. Для этой цели астрономы снабжают телескопы вспомогательными приборами, основными из которых являются спектрографы и электрофотометры.

СПЕКТРАЛЬНЫЕ АППАРАТЫ

Объективная призма. Если перед объективом телескопа установить призму с небольшим преломляющим углом (объективная призма), то на фотопластинке, находящейся в фокусе телескопа, одновременно получатся спектры множества звезд. Эти спектры будут иметь малую дисперсию*. По таким спектрограммам можно проводить, например, массовую спектральную классификацию звезд.

Тремя крупнейшими в мире призмами диаметром 1 м и с углами преломления $1^{\circ},5$; 3° и 4° снабжена камера Шмидта Бюраканской астрофизической обсерватории АН АрмССР.

Призмённые спектрографы. Для точного измерения лучевых скоростей звезд

Окончание серии статей «Любителям астрономии — о телескопах». Начало см. «Земля и Вселенная», № 4, 5, 6, 1968 г.; № 1, 3, 4, 5, 1969 г.

* Дисперсия, как известно, определяется отношением $\Delta s/\Delta \lambda$, где Δs (мм) — интервал на фотопластинке, соответствующий интервалу $\Delta \lambda$ (А) шкалы длин волн света.

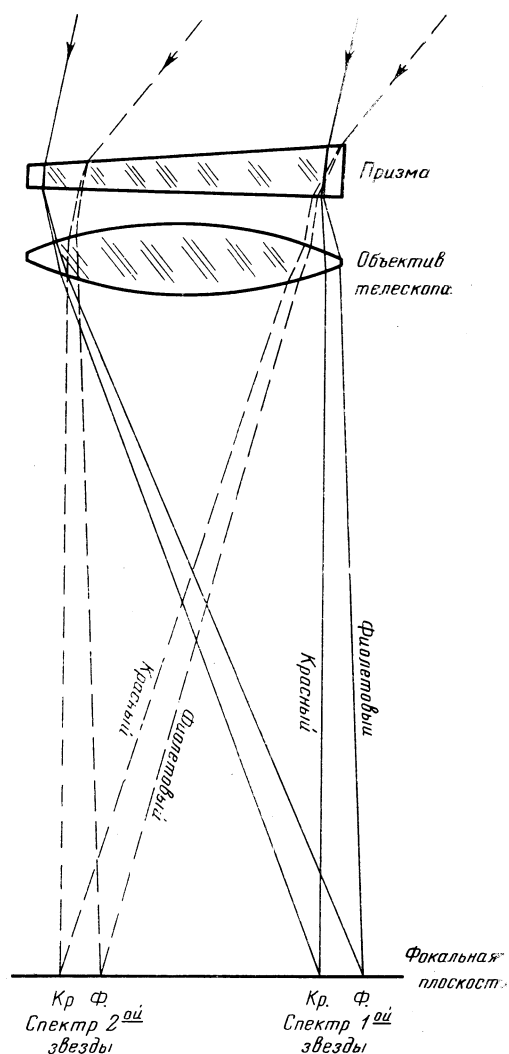


СХЕМА ТЕЛЕСКОПА с объективной призмой. Сплошными линиями показан ход лучей одной звезды, пунктирными — другой

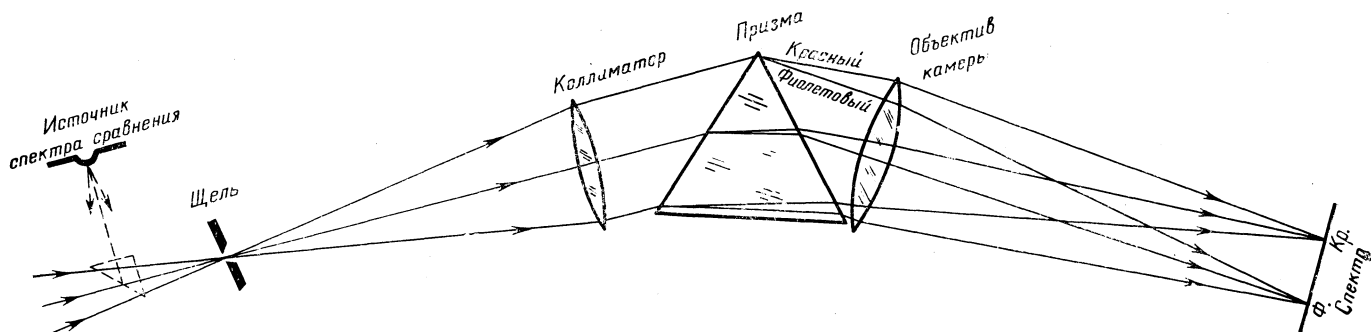


СХЕМА однопризменного звездного спектрографа

требуются спектрограммы с большой дисперсией (т. е. с крупным масштабом). Такие спектрограммы получают с призменными спектрографами. Познакомимся с их устройством.

В фокальной плоскости телескопа устанавливают узкую щель, в плоскости которой объектив строит изображение звезды. Свет, пройдя через щель, попадает в коллиматор и выходит из него параллельным пучком. Затем свет проходит через стеклянную (иногда кварцевую) призму. Призма преломляет лучи разных длин волн по-разному: чем короче длина волны, тем сильнее преломление луча, т. е. сильнее преломляются фиолетовые лучи, слабее — красные. Из призмы лучи расходятся веером, но все лучи одной длины волны параллельны между собой, хотя и наклонены к пучку тоже параллельных лучей другой волны. Линза, стоящая за призмой, собирает каждый пучок в свой фокус. Так строится изображение спектра звезды, которое можно сфотографировать.

Дисперсия спектрографа тем больше, чем шире веер лучей, выходящих из призмы, а это зависит от сорта стекла призмы и от числа самих призм: устанавливая две или даже три призмы, можно значительно увеличить дисперсию. Дисперсия также тем больше, чем длиннее фокусное расстояние объектива камеры.

Разрешающая сила спектрографа тем больше, чем больше размер призмы. При использовании маленькой призмы две близкие линии сольются и будут неразличимы.

В больших рефлекторах призменные спектрографы подвешиваются в фокусе Кассегрена в специально сконструированных рамах, обеспечивающих неизменность взаимного расположения оптических деталей. Сам спектрограф находится в кожухе с хорошей термо-

изоляции. Внутри кожуха поддерживается постоянная температура.

Чтобы измерить длины волн на спектрограмме, фотографируют рядом со спектром звезды, по обе стороны от него, спектр сравнения, т. е. спектр земного источника света, длины волн линий которого хорошо известны. Обычно для этого используется спектр вольтовой дуги с железными электродами.

Дифракционный спектрограф. Для изучения физики звезд и внегалактических туманностей применяют в основном дифракционные спектрографы. В них также есть щель, коллиматор и объектив камеры, но вместо призмы установлена дифракционная решетка — плоская прямоугольная пластина, на зеркальную поверхность которой нанесены параллельные равноотстоящие штрихи (бороздки). Размер решеток в больших спектрографах достигает 200×300 мм, а число штрихов до 600 на 1 мм. В соответствии с принципом Гюйгенса, каждый штрих решетки породит свою световую волну*. Волны, распространяющиеся от всех щелей, будут интерферировать между собой: в одних местах, куда придут их гребни, интенсивность света усилится, в других, где гребень встретится с провалом между волнами, — свет погаснет. Каждая длина волны даст свой максимум, а все вместе образуют систему спектров первого, второго, третьего порядка и т. д.

Примитивно наблюдать дифракционные спектры можно, если рассматривать отдаленный источник света через кисею или птичье перо.

Разрешающая сила дифракционного спектрографа тем выше, чем больше размер решетки. Дисперсия спектрографа тем больше, чем

* Подробнее об этом см. «Земля и Вселенная», № 4, 1968 г., стр. 67.

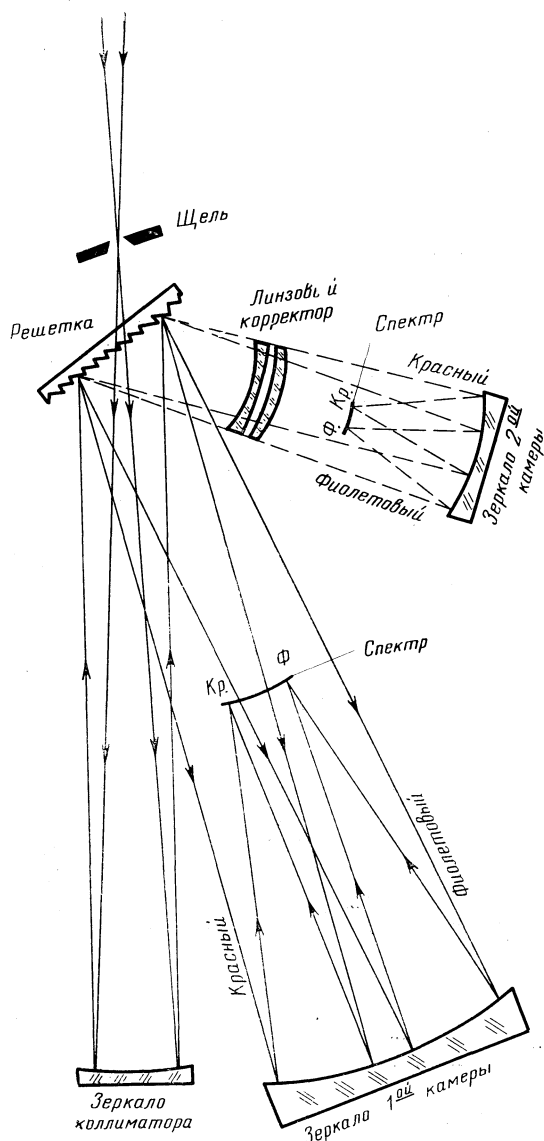


СХЕМА ДИФРАКЦИОННОГО СПЕКТРОГРАФА с двумя сменными камерами. Ход лучей в первой — длиннофокусной камере показан сплошными линиями, во второй — короткофокусной — пунктиром. В длиннофокусной камере дисперсия больше, чем в короткофокусной

больше штрихов приходится на 1 мм, чем выше порядок спектра и чем длиннее фокус камеры. Переход от одного порядка спектра к другому осуществляется поворотом дифракционной решетки.

В дифракционных спектрографах обычно применяют зеркальный коллиматор и зеркальный или зеркально-линзовый объектив камеры. В больших спектрографах чаще ис-

пользуют не одну камеру, а несколько сменных.

Большие, громоздкие дифракционные спектрографы, необходимые для детального исследования спектров звезд, устанавливают в неподвижном фокусе куда. Впервые такой спектрограф был смонтирован в 1910 г. на 1,5-метровом рефлекторе обсерватории Маунт Вилсон (США). В настоящее время дифракционные спектрографы применяются значительно чаще, чем призмные.

ЗВЕЗДНЫЙ ЭЛЕКТРОФОТОМЕТР

Этот прибор предназначен для исследования блеска звезд и его изменений, а также для определения цвета звезд.

Основная часть звездного электрофотометра — фотоумножитель (ФЭУ). Фотоумножитель представляет собой откачанный стеклянный баллон, в котором имеются электроды: фотокатод, диноды и анод. Электрическое поле между электродами постепенно нарастает от катода к аноду. Квант света, попадая на фотокатод, выбивает из него электрон. Электрон под действием электрического поля устремляется к первому диноду и выбивает из него несколько электронов, каждый из которых выбивает электроны из второго динода. Так, от динода к диноду растет число вырванных электронов, пока целая лавина их не достигнет анода. В цепи анода возникает электрический ток, который вызывает на нагрузочном сопротивлении падение напряжения. Это небольшое напряжение усиливается и затем регистрируется самописцем.

Кроме фотоумножителя звездный электрофотометр содержит ряд оптических деталей. Как известно, фон ночного неба в самую безлунную темную ночь даже в горной местности не абсолютно темен. Одна квадратная секунда фона неба дает столько же света, сколько звезда 22-й величины. Поэтому, чтобы выделить слабую звезду на фоне неба, нужно ограничить участок неба, свет от которого попадает на фотоумножитель. Для этого в фокальной плоскости телескопа устанавливают подвижную пластинку с диафрагмами различных размеров.

Поверхность фотокатода фотоумножителя имеет, как правило, неравномерную чувствительность. Неизбежные смещения изображения звезды в пределах диафрагмы приводят к смещению светового пятна на поверхности фотокатода и ложным колебаниям регистрируемого тока. Чтобы исключить их, между диафрагмой и фотоумножителем ставят вспо-

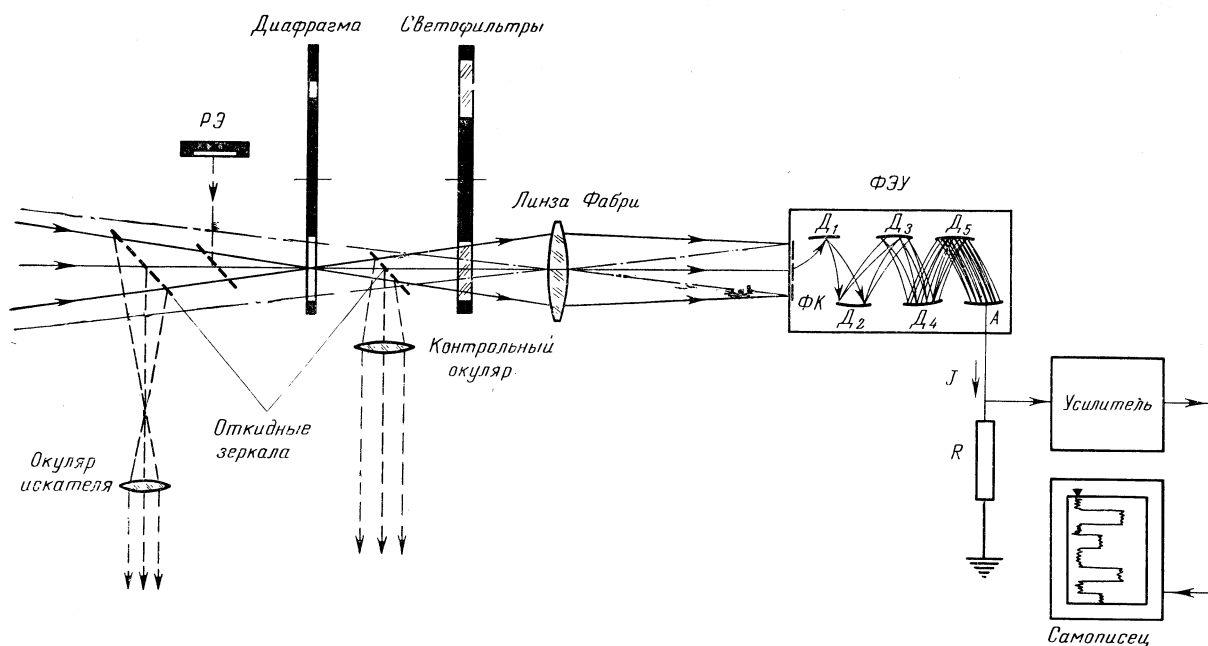


СХЕМА ЗВЕЗДНОГО ЭЛЕКТРОФОТОМЕТРА. ФЭУ — фотоумножитель (ФК — фотокатод; D_1, D_2, D_3 — диноды; A — анод); I — фототок, создающий на нагрузочном сопротивлении R падение напряжения, которое усиливается и затем регистрируется самописцем; РЭ — радиоактивный эталон яркости

могательную линзу (она называется линзой Фабри), которая строит на поверхности фотокатода изображение объектива телескопа. Так как объектив освещен всегда равномерно, то и изображение его на фотокатоде будет иметь вид неподвижного равномерно освещенного кружка.

Для контроля стабильности всей аппаратуры пользуются наблюдением стандартных звезд и встроенным в электрофотометр радиоактивным эталоном яркости. Слабый препарат радиоактивного вещества, распадаясь, вызывает свечение помещенного рядом люминофора, свет которого можно направить на фотоумножитель. Для измерения блеска звезд в разных длинах волн в пучок лучей можно вводить различные светофильтры, а для исследования поляризации света звезд — поляроиды.

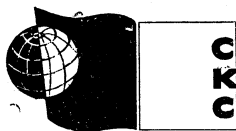
Фотоумножитель обладает свойством давать небольшой ток даже в полной темноте — темновой ток. Кроме того, на полезный сиг-

нал всегда накладываются помехи — шумы. Охлаждение фотоумножителя до температур $-50 \div -70^\circ$ значительно снижает и темновой ток и шумы, позволяя регистрировать более слабые звезды. Если фотоумножитель не охлаждать, сигнал от слабых звезд теряется в шумах и темновом токе.

Этой статьей мы заканчиваем серию публикаций о телескопах и принадлежностях к ним. Пусть читатель не сетует на нас за краткость изложения, за то, что многое не включено в наш обзор.

Мы хотели показать любителям астрономии, что может дать телескоп, а чего от него нельзя требовать.

Мы хотели показать, что современный телескоп — сложный и точный прибор, в котором широко используются последние достижения оптики, механики, электроники.



**СИМПОЗИУМЫ,
КОНФЕРЕНЦИИ,
СЪЕЗДЫ**

Впечатления участника 12-й сессии Международного комитета по исследованию космического пространства

И. А. ХВОСТИКОВ

профессор

ВМЕСТО ВВЕДЕНИЯ

На трех «китах» держится журнал «Земля и Вселенная» — это три важных раздела современного естествознания: астрономия, геофизика, исследования космического пространства. Все три раздела тесно связаны друг с другом, но каждый имеет очень большое самостоятельное значение. Каждый из трех имеет ту особенность, что общепланетарный, или даже «общевселенский»; их характер определяет необходимость широкого международного сотрудничества. Именно поэтому были созданы три мощные международные научные организации, действующие ныне активно и целеустремленно: у астрономов — Международный астрономический союз (МАС); у геофизиков — Международный

геодезический и геофизический союз (МГГС); у исследователей космического пространства — Международный комитет по исследованию космического пространства (КОСПАР).

В этом небольшом очерке мы хотим познакомить читателей журнала «Земля и Вселенная» с задачами КОСПАР, его структурой, программой научных симпозиумов, рассказать о 12-й сессии КОСПАР, состоявшейся 11—24 мая 1969 г. в Праге (ЧССР).

ФРОНТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Если мы перечислим рабочие группы, имеющиеся в составе КОСПАР, то мы тем

самым определим в какой-то степени направления, на которых сосредоточены усилия в деятельности КОСПАР. Основные из них: прослеживание спутников; телеметрия; динамика; свойства верхней атмосферы; космическая биология (эту рабочую группу возглавляет Я. Г. Григорьев, СССР); применение космических экспериментов в метеорологии; внеатмосферные исследования Луны и планет (руководитель — А. Д. Кузьмин, СССР). Кроме того, имеются еще две рабочие группы общеорганизационного характера: планирование и координация экспериментов; систематизация и обмен данными, публикация результатов.

Одна из важных задач рабочей группы, занимающейся вопросами верхней атмосферы Земли, — разработка так называемой стандартной атмосферы до больших высот. Это — непростая и очень важная для практики задача. Всем известно значение единых стандартов для промышленности, многих областей техники и науки. В нашей стране этой стандартизацией руководит Государственный комитет стандартов при Совете министров СССР. Если говорить об атмосфере, то можно разъяснить значение стандартизации на примере авиационной техники. Чтобы рассчитать условия полета проектируемого самолета нового типа на заданных высотах, нужно в соответствующие уравнения подставить численные значения многих параметров атмосферы: плотность, температуру, атмосферное давление, состав воздуха и другие. Но земная атмосфера — изменчивая среда. Все названные параметры изменяются и ото дня ко дню, и в течение дня, претерпевают они и сезонные вариации, зависят от географической широты и долготы, от солнечной активности, причем эти изменения могут быть очень большими. Какие же значения параметров должен использовать авиаконструктор? Не приходится удивляться, что если нет специальной общей договоренности, то в разных конструкторских бюро будут использоваться разные значения параметров атмосферы, а отсюда — многие неприятные последствия. Используемые при проектировании самолета параметры могут не совсем соответствовать типичному состоянию атмосферы на данной высоте, в данное время года, в данном географическом районе, и аэродинамические характеристики самолета, мощность его двигателей могут оказаться не очень правильно выбранными, что, естественно, отрицательно скажется на летных и эксплуатационных качествах самолета.

По причинам такого рода уже давно в нашей и некоторых других странах была разработана для нужд авиации, метеорологии, артиллерии и т. д. и утверждена в качестве государственного стандарта (ГОСТ) стандартная атмосфера, но долгое время она ограничивалась высотами 10—15 км, что прежде удовлетворяло запросы практики. Но в эпоху бурного развития высотной авиации, ракетной, космической техники и т. д. требуется стандартная атмосфера до значительно больших высот, КОСПАР разрабатывает международную стандартную атмосферу до высоты 300 км.

С каждым годом все больше места в деятельности КОСПАР занимают вопросы космической медицины и космической биологии. И не удивительно поэтому, что тесную связь с КОСПАР постарались установить многие авторитетные международные научные организации, например, Союз биологических наук (официальный представитель от СССР — академик А. А. Имшенецкий), Союз биохимии, Союз чистой и прикладной биофизики, Союз физиологических наук.

Исследования космического пространства — это многогранная научно-техническая область, и постоянное участие в деятельности КОСПАР принимает также ряд международных союзов: астрономии; чистой и прикладной химии; геодезии и геофизики; теоретической и прикладной механики (официальный представитель этого союза французский ученый Морис Руа является президентом КОСПАР); радионаук; математический союз.

12-Я СЕССИЯ В ПРАГЕ

Каждая следующая сессия КОСПАР собирается в другой стране. В 1969 г. очередь дошла до Чехословакии.

Пражане говорят, что май — лучшее время года в их городе. И в самом деле, участники конгресса, съехавшиеся в Прагу, были буквально ошеломлены красотой этого города, утопавшего в только что распустившейся весенней зелени. Тысячи цветущих каштанов, целые кварталы кустов душистой сирени; воздух, напоенный ароматом цветов, — таковы улицы Златой Праги в мае.

На конгресс КОСПАР в Прагу съехалось более 600 ученых, представлявших 30 стран. Почему так много стран? Каково их участие в исследованиях космического пространства? Ведь многие страны не располагают необхо-

димой космической техникой и, попросту говоря, не могут еще вывести на орбиту искусственный спутник Земли, отправить в межпланетное пространство космические ракеты, а тем более — космический корабль с человеком.

Советский Союз сразу же, начиная с запуска первого и второго искусственных спутников Земли, предоставил возможность всем странам участвовать в наблюдениях за движением спутников. Атмосфера на больших высотах очень разрежена, но для спутников Земли сопротивление атмосферной среды даже на высотах 200—300 км оказывается чувствительным: спутники слегка подтормаживаются, понемногу теряют скорость, а поэтому и их орбиты постепенно меняются. Результаты точных наблюдений с Земли за эволюцией орбит спутников используются для вычисления плотности атмосферы на высотах 200 км и более. Эти исследования привели к большому открытию: оказалось, что плотность верхней атмосферы и ее температура (температуру вычисляют по вертикальному распределению плотности, найденному из наблюдений за движением спутников) испытывают огромные изменения, причем (и это самое замечательное), вариации плотности и температуры целиком определяются колебаниями солнечной активности. Плотность атмосферы на высотах, например, 400—700 км особенно хорошо коррелирует с интенсивностью радиоизлучения Солнца на волне 10,7 см.

Далее нужно сказать об Интеркосмосе. Это организация, объединяющая ученых социалистических стран, в распоряжение которых Советский Союз предоставил космическую технику.

Космическое пространство только для мирных целей — таково стремление Советского государства. Поэтому понятна активность нашей страны в развитии международного сотрудничества в исследовании и освоении космического пространства. Большая исследовательская программа осуществляется советскими геофизиками и астрономами совместно с французскими учеными, уже много лет сотрудничают в этой области научно-исследовательские учреждения СССР и Индии. Советский Союз активно участвует в работе КОСПАР, вице-президентом КОСПАР является выдающийся советский ученый, академик А. А. Благонравов, советская делегация на конгрессах КОСПАР всегда одна из самых представительных. В составе нашей делегации в Праге было 46 специалистов: по геофизике, астрономии, биологии и космической технике.

Программа 12-й сессии КОСПАР была составлена следующим образом. Первое пленарное заседание КОСПАР — официальное открытие конгресса — происходило в торжественной обстановке. Президент КОСПАР во вступительной речи охарактеризовал задачи 12-й сессии. С приветственным словом к участникам конгресса обратился Председатель Правительства ЧССР тов. О. Черник.

Каждая из семи рабочих групп (их перечень приведен выше) помимо так называемых деловых заседаний, посвященных организационным мероприятиям, проводила «открытые заседания» для обсуждения научных докладов.

Кроме того, было проведено три «специализированных» симпозиума. Их тематика: температура и атмосферные движения в термосфере, т. е. в верхней атмосфере (90 км и выше); космическая биология; динамика спутников; водород и гелий в верхней атмосфере Земли и окружающем космическом пространстве. На последнем симпозиуме были доложены важные результаты исследований, проводимых советскими учеными. В Абастуманской астрофизической обсерватории обнаружено и исследуется свечение красной линии водорода H_{α} в спектрах ночного и сумеречного неба. Грузинские ученые по интенсивности линии H_{α} , измеренной при разном погружении Солнца под горизонт, определяют количество атомарного водорода, содержащегося при разном расстоянии от поверхности Земли — от 200 до 3000 км. Об этих и других измерениях водорода и гелия было рассказано в обзорных докладах Н. Н. Шефова (Институт физики атмосферы АН СССР) и автора этих строк (на другом симпозиуме). Сообщение Н. Н. Шефова было выслушано с особым вниманием: свечение гелия было обнаружено сотрудниками Звенигородской станции Института физики атмосферы АН СССР.

Интересной, особенно для геодезистов, была программа симпозиума по динамике спутников: теория движения искусственного небесного тела; космические ракеты; земной потенциал и геодезия.

«СЕРЕБРИСТЫЕ ОБЛАКА» — ДЕБЮТ НА КОСПАР

Читатели журнала «Земля и Вселенная» знакомы с загадочными серебристыми облаками, появляющимися в определенное время года и в определенных географических райо-

Иван Андреевич Хвостиков

нах на высоте 70—90 км*. Наблюдения за поведением этих необычных облаков, разработка теории их образования указывают на зависимость облакообразования от процессов в мезосфере, т. е. «средней атмосфере» — слое, границы которого лежат на уровнях 50—60 км и 80—90 км. А сама мезосфера — это главный «посредник» между Солнцем, солнечным ветром (с их многообразным влиянием на земные процессы, земную жизнь, погоду) и тропосферой, в которой и формируется погода. Вот почему так усиливается интерес к исследованию мезосферных облаков во многих странах, а Всемирная метеорологическая организация и Международная ассоциация метеорологии и физики атмосферы официально включили исследование мезосферных облаков в свои основные программы. И (знамение времени!) их примеру решил последовать КОСПАР: впервые в Праге эта тема была включена в программу сессии, целое заседание рабочей группы № 2 КОСПАР было посвящено серебристым облакам. Автор данного очерка прочитал доклад «Серебристые облака и проблемы физики мезосферы».

Последний, особо интересный раздел научной программы 12-й сессии — это несколько пленарных заседаний КОСПАР, на которых были заслушаны и обсуждены обзорные доклады о наиболее важных результатах, полученных за последние два года. Все эти обзоры были заранее заказаны видным ученым разных стран (так называемые «приглашенные» докладчики). Два обзора были прочитаны советскими учеными: об изучении атмосферы Венеры (А. Д. Кузьмин) и о проблемах космической биологии и медицины (В. В. Парин и О. Г. Газенко).

Таковы некоторые впечатления и в главных чертах содержание работы 12-й пленарной сессии (конгресса) КОСПАР. Конгресс проходил в деловой обстановке тесного сотрудничества ученых разных стран. Успеху деятельности конгресса способствовала работа, проведенная чехословацкими коллегами.

По приглашению Академии наук СССР следующий конгресс КОСПАР состоится в 1970 г. в Ленинграде. К нему будет приурочен большой Международный симпозиум по солнечной земной физике.

* См. И. А. Хвостиков. Ученые обсуждают вопросы общей циркуляции атмосферы. «Земля и Вселенная», № 2, 1965 г.; Н. И. Гришин. Тайна средних широт. «Земля и Вселенная», № 3, 1965 г.; Н. И. Гришин. Самые высокие облака. «Земля и Вселенная», № 5, 1965 г.; Е. П. Левитан. Серебристые облака — индикаторы процессов в верхней атмосфере. «Земля и Вселенная», № 2, 1966 г.



7 августа 1969 г. после непродолжительной и тяжелой болезни на 60-м году жизни скончался профессор, доктор физико-математических наук Иван Андреевич Хвостиков, крупный специалист в области атмосферной оптики и физики высоких слоев атмосферы Земли.

И. А. Хвостиков родился в 1910 г. в Ташкенте в семье рабочего. Шестнадцатилетним

юношей вступил он в трудовую жизнь, работая пикетажистом и чертежником в пригационных изыскательских партиях в Средней Азии, а с 1927 г. — в должности лаборанта на рабфаке в Ленинграде. В 1932 г. он окончил физический факультет Ленинградского государственного университета, но уже в 1930 г. поступил на работу в Государственный оптический институт. Там же он окончил аспирантуру, защитил кандидатскую диссертацию и работал под руководством академика С. И. Вавилова до 1938 г.

Ивана Андреевича Хвостикова интересовали проблемы физики стратосферы (озон, свечение ночного неба, атмосферная оптика). Собирая материал для научной работы, молодой ученый неоднократно совершал восхождения на Эльбрус с измерительной аппаратурой. 10 марта 1936 г. «Комсомольская правда» на первой полосе опубликовала сообщение о научном полете субстратостата. Полет посвящался X съезду ВЛКСМ. На борту субстратостата находились 26-летний аспирант Оптического института И. Хвостиков и пилот Б. Романов. Газета поместила портреты стратонавтов. Непосредственные измерения спектрографами в полете должны были ответить на вопрос, существует ли собственное свечение неба днем или его нет. В беседе с корреспондентом И. А. Хвостиков заверил: «...если первый наш полет оправдает хотя бы несколько процентов наших ожиданий, — а мы в этом не сомневаемся, — это будет уже разрешением огромной задачи, стоящей перед мировой астрономией и астрофизикой, никем еще не разрешенной».

В 1938 г. в связи с началом работы в Москве нового научно-исследовательского учреждения — Геофизического института АН СССР (ГЕОФИАН) И. А. Хвостиков был утвержден старшим научным сотрудником и ему было поручено организовать Лабораторию атмосферной оптики, которой он руководил до 1950 г. На основе Лаборатории атмосферной оптики был создан отдел стратосферы, которым И. А. Хвостиков руководил до 1954 г.

С 1954 г. Иван Андреевич заведовал сектором геофизики в Реферативном журнале «Физика» Всесоюзного института научной и технической информации АН СССР (ВИНИТИ). По инициативе Ивана Андреевича в 1958 г. был создан самостоятельный отдел геофизики и Реферативный журнал «Геофизика», главным редактором которого И. А. Хвостиков был до 1967 г. Иван Андреевич заведовал также Отделом стратосферных исследований Центральной аэрологической обсерватории.

С апреля 1964 г. и до конца своей жизни И. А. Хвостиков работал в Абастуманской астрофизической обсерватории АН Грузинской ССР, где в качестве одного из заместителей директора осуществлял руководство наблюдениями и исследованиями высоких слоев атмосферы Земли.

Интенсивную научную и организаторскую работу Иван Андреевич сочетал с педагогической деятельностью в высших учебных заведениях: в Ленинградском государственном университете (в 1933—1938 гг.), в Московском геофизическом институте (ныне Московском институте инженеров геодезии, аэрофотосъемки и картографии, 1944—1948 гг.), в Военно-воздушной инженерной академии имени Жуковского, где в 1948—1953 гг. он был начальником Кафедры физики. И. А. Хвостиков много внимания уделял подготовке научных кадров. Многие его ученики, ныне доктора и кандидаты наук, работают в геофизических и других учреждениях СССР. Особо следует отметить вклад, который Иван Андреевич внес в подготовку кадров исследователей верхней атмосферы в Грузии, где в Тбилиском университете периодически читал специальные и факультативные курсы для студентов — геофизиков, физиков и астрофизиков.

Докторскую диссертацию Иван Андреевич защитил в 1939 г. на тему «Свечение атмосферы». Он опубликовал более 70 научных работ в области физической оптики, атмосферной оптики, физики высоких слоев земной атмосферы. Перу И. А. Хвостикова принадлежат три монографии, среди которых особое место занимает «Физика озоносферы и ионосферы», изданная в 1963 г. и представляющая собой наиболее полную, энциклопедическую сводку и обзор состояния проблем в этой важной области современной геофизической науки. Еще в 1948 г. была опубликована книга «Свечение ночного неба», а в 1964 г. — «Высокие слои атмосферы».

И. А. Хвостиков вполне справедливо считается одним из зачинателей и основоположников исследований физики высоких слоев земной атмосферы. Участие в полетах самых первых советских стратостатов, неоднократные подъемы на Эльбрус в научных экспедициях, способствование организации исследований полярной ионосферы, разработка метода прожекторного зондирования атмосферы, пропаганда наблюдений за серебристыми облаками — все перечисленное здесь отражает страстный интерес И. А. Хвостикова к строению верхней атмосферы Земли — главному предмету его научно-исследовательской дея-

тельности. Иван Андреевич был одним из ведущих участников разработки научной программы геофизических наблюдений на первых исследовательских ракетах. Он непосредственно руководил подготовкой и проведением экспериментов на ракетах, поднимающих ся в высокие слои атмосферы.

Большой вклад внес И. А. Хвостиков в изучение серебристых (мезосферных) облаков. Интерес к ним он начал проявлять еще с 1948 г., а в 1952 г. выполнил фундаментальное исследование, в котором впервые обосновал конденсационную (ледяную) гипотезу происхождения серебристых облаков.

В декабре 1956 г. в Москве при активном участии И. А. Хвостикова было проведено первое совещание по серебристым облакам, на котором обсуждались вопросы подготовки к их наблюдениям в период МГГ. В дальнейшем созыв таких совещаний стал традицией (до настоящего времени их было проведено 12, в том числе два международных симпозиума и международный семинар). И. А. Хвостиков был утвержден заместителем председателя рабочей группы по серебристым облакам Комитета МГГ (в дальнейшем — Межведомственного геофизического комитета), а после смерти В. В. Шаронова (1964 г.) стал ее председателем и возглавлял эту работу до последних дней своей жизни. И. А. Хвостиков сыграл большую организационную роль в объединении усилий как советских, так и зарубежных наблюдателей серебристых облаков. Последние годы он был председателем Комиссии по мезосферным облакам Межведомственного геофизического комитета и членом ряда международных рабочих групп и комиссий по этой проблеме.

Свою научную и педагогическую работу Иван Андреевич сочетал с разнообразной общественной деятельностью. Член КПСС с 1944 г. Иван Андреевич Хвостиков на протяжении многих лет входил в состав партийного бюро ГЕОФИАН и ВИНИТИ, неизменно активно участвовал в работе Общества «Знание», был членом Президиума Центрального

совета Всесоюзного астрономо-геодезического общества (с 1962 г.). Научная и педагогическая деятельность И. А. Хвостикова получила признание. Он был награжден орденом Красной Звезды, орденом Знак Почета и медалями.

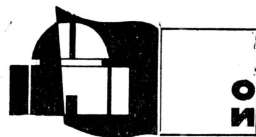
Много труда и редакторского таланта посвятил Иван Андреевич созданию и жизнедееспособности научно-популярного журнала АН СССР «Земля и Вселенная». С первых дней существования журнала он был заместителем главного редактора, всегда принимал самое активное участие в работе журнала, руководя в нем отделом геофизики, вел большую работу с авторами и сотрудниками редакции. Последний раз Иван Андреевич был в редакции 1 августа 1969 г., за 6 дней до смерти. Никто из нас, встретившихся с ним в этот день — день заседания редколлегии — не думал, что эта встреча будет последней.

И. А. Хвостиков ушел из жизни полный энергии, оптимизма и жизнелюбности. Он постоянно находился в научном поиске и был полон научных планов. Умея заражать энтузиазмом учеников и коллег, проявляя чуткость к молодым научным работникам и оказывая им помощь, он был непреклонно требователен. Как в человеке и гражданине в нем было весьма высоко сознание патриотического и научного долга; принципиальность и прямота были ярко выраженными качествами его характера. Его организаторский талант находил выход не только в постановке новых работ, но и благотворно организующе воздействовал на учеников и коллег.

Со смертью Ивана Андреевича Хвостикова советскую геофизическую науку постигла большая утрата.

Многочисленные ученики И. А. Хвостикова и все, с кем ему пришлось вместе работать, навсегда сохраняют в памяти облик ученого-первооткрывателя, педагога, коммуниста и гражданина.

Группа товарищей



ОБСЕРВАТОРИИ
И ИНСТИТУТЫ

Из истории ИЗМИРАНа



1828 г.

Почти полтора столетия назад в центре Казани, во дворе Казанского университета, выросла каменная постройка. Это была первая в России магнитная обсерватория, созданная заботами академика А. Я. Купфера.

1829—1832 гг.

Академик А. Я. Купфер неустанно хлопотал об организации других магнитных обсерваторий. И они появились в Петербурге при Горном институте, в Нерчинске, Барнауле и Колывани. Первоначально на магнитных обсерваториях проводились только ежечасные наблюдения магнитного склонения, а затем и других элементов магнитного поля Земли.

1836 г.

Открывается обсерватория в Екатеринбурге (Свердловск). Удивляясь неожиданному развитию работ по земному магнетизму и строительству магнитных обсерваторий в России, выдающийся немецкий естествоиспытатель и путешествен-



Академик Генрих Иванович Вильд (1833—1902) 27 лет возглавлял Главную физическую обсерваторию. Г. И. Вильд был вице-председателем комиссии по проведению первого Международного полярного года в 1881 г. Анемометры Вильда до сих пор применяются на метеорологических станциях



Профессор Н. В. Розе (1890—1942) — заведующий магнитным отделением Главной геофизической обсерватории, руководитель Бюро Генеральной магнитной съемки с 1931 по 1936 г.

ник А. Гумбольдт писал: «...нигде в Европе эта полезная отрасль физических наук, тесно связанная с потребностями мореплавания, не была развита в такой высокой степени. Лондонское Королевское общество еще только совещается о проведении в действие того, что уже 8 лет исполняется прекрасно подготовленными молодыми людьми, воспитанниками Горного института».

После 20 лет непрерывных магнитных наблюдений, организованных талантливыми русскими учеными, царское правительство занялось рассмотрением проектов штатов и положений для Главной физической обсерватории. В состав Главной физической обсерватории вошла Петербургская магнитная обсерватория — предшественница ИЗМИРАНа. Помощники директора (который должен быть членом Академии наук) обсерватории делились на три категории: так называемые «собственно сотрудники, вспоможествующие директору в работах», «корреспонденты», работающие в разных городах и пунктах, а также «путешественники», т. е. участники экспедиций. В обсерватории должно быть два старших наблюдателя и три младших. Весь бюджет Главной физической обсерватории царское правительство ограничило более чем скромной цифрой — 9000 руб. серебром. Была еще одна интересная должность в обсерватории — смотритель, который исполнял обязанности (по современным понятиям) заместителя директора по хозяйственной части, главного бухгалтера и заведующего канцелярией.

1849 г.

Петербург быстро застраивался, и наблюдениям магнитной обсерватории стали препятствовать городские условия. Многолетние хлопоты ученых, особенно президента Академии наук Ф. П. Литке и директора Главной физической обсерватории Г. И. Вильда, вынудили Великого князя Константина Николаевича к действиям. 1 января 1878 г. в Павловске, под Петербургом, начала работать новая магнитная обсерватория. Сеть наблюдательных станций росла, росло число наблюдений, но увеличить бюджет царское правительство не соглашалось. Правда, участие России в программе Между-

1875—1878 гг.

народного полярного года в 1881 г. вызвало к жизни еще две новые магнитные обсерватории. Они были построены в далекой Арктике: на Новой Земле ($\varphi = 72^{\circ}23'$ с. ш.; $\lambda = 52^{\circ}44'$ в. д.) и в Саастыре ($\varphi = 73^{\circ}23'$ с. ш.; $\lambda = 126^{\circ}35'$ в. д.). К сожалению, после окончания Международного полярного года эти обсерватории уже не работали.

1898 г.

В Павловской магнитной обсерватории был построен лучший в мире (по тому времени) деревянный павильон для абсолютных магнитных измерений. На 3 года эти измерения были приостановлены, так как правительство не спешило с «высочайшим» разрешением заменить сгоревший в 1895 г. деревянный павильон новым. Получив, наконец, средства, начали строить павильон с соблюдением самых строгих мер предосторожности: в специальной будке к магнитометру подносили каждый камень, закладываемый в фундамент. Ведь павильон не должен обладать магнитными свойствами. Строение хорошо освещалось сверху, двойные стены обеспечивали тепловую изоляцию, отдельные комнаты были отведены для астрономических наблюдений, а специальная термическая комната — для исследования температурных влияний на показания приборов.

1899 г.

К 50-летию юбилею Павловская магнитная обсерватория имела научный багаж: 108 справок, из них 12 по вопросам земного магнетизма.

1910—1914 гг.

Главная физическая обсерватория, ограниченная в средствах, небольшим количеством приборов проводит магнитную съемку необъятных просторов России. Первая мировая война прервала эти работы.

1917 г.

Павловская магнитная обсерватория имела в штате 15 человек (!).

1921 г.

21 июня 1921 г. Председатель Совета Народных Комиссаров В. И. Ульянов (Ленин) подписал Декрет об организации метеорологической службы в РСФСР, которую должна возглавить Главная физическая обсерватория. Магнитно-метеорологическая обсерватория в Павловске стала ее филиалом. Другие филиалы находились в Екатеринбурге, Ташкенте и Иркутске. Штат обсерватории был расширен. На работу в обсерваторию пришли молодые специалисты (в основном с Высших женских курсов).

1924 г.

С 1924 г. магнитная обсерватория в Павловске стала называться Главной геофизической обсерваторией (ГГО). В это время научные публикации касались исследования вековых изменений магнитного поля, аномалий и возмущений. Были созданы новые магнитные приборы. Тогда же был подготовлен новый план проведения магнитной съемки страны, в составлении которого деятельное участие приняли заведующий магнитным отделением ГГО Н. В. Розе и научный сотрудник профессор Б. П. Вейнберг. Магнитную съемку Советского Союза планировалось провести в течение 10 лет и заснять более 4 млн км² с густотой сети 20×20 км. Кроме того, предстояло пройти с маршрутной съемкой 140 тыс. км в малообжитых районах. Чтобы выполнить такую большую работу, нужно было определить магнитное поле Земли в 13 000 пунктов.

Советский Союз включился в работу второго Международного полярного года. Вступили в строй новые магнитные обсерватории. **1931—1932 гг.**

Во время дрейфа первой научной станции «Северный полюс» Павловская магнитная обсерватория начала регулярно сообщать о магнитных бурях.

1937 г.

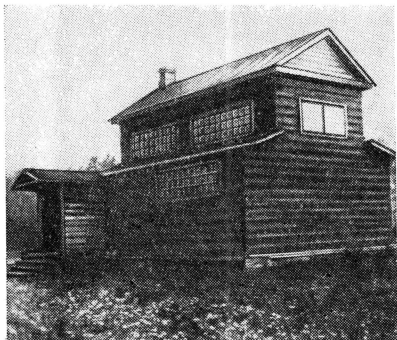
В этом году Павловская магнитная обсерватория стала Научно-исследовательским институтом земного магнетизма (НИИЗМ), возглавляемым кандидатом физико-математических наук Н. В. Пушковым. Постановление вышло еще в 1939 г., но фактически в 1940 г. в состав института кроме Павловской магнитной обсерватории вошли Бюро Генеральной магнитной съемки (в Ленинграде) и Павловская ионосферная станция. В научные программы института были включены наблюдения ионосферы, ионосферно-магнитные возмущения, краткосрочные прогнозы состояния магнитного поля, наблюдения Солнца на 3-дюймовом телескопе.

1940 г.

Ленинградская блокада. Страшные годы тяжелых утрат. Погибли научные сотрудники института Н. Н. Трубячинский, А. Я. Безгинский, П. Е. Федулов и многие другие. Павловская магнитная обсерватория была разрушена. Но работа продолжалась и в осажденном Ленинграде, потом в Свердловске, в селе Косулино, где разместился институт. В эти трудные годы институт составлял долгосрочные прогнозы состояния ионосферы для нужд Советской Армии. Сотрудники института составили карту магнитного склонения по важной воздушной трассе через Чукотский полуостров. В военные годы институт решал и новые научные задачи: наблюдения солнечных пятен, регистрацию космических лучей. **1941—1944 гг.**

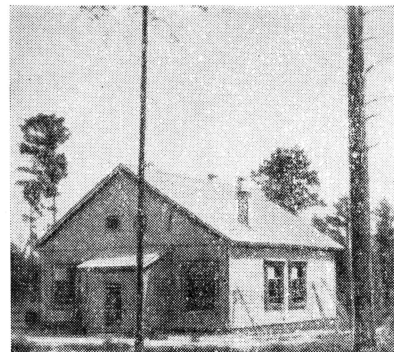
Институт возвращается из эвакуации, но не в Павловск, где все было разрушено, а в Подмосковье. На 40-м километре Калужского шоссе институт расположился в недостроенном здании бывшей Московской геофизической обсерватории. В Ленинград вернулись лишь отделы магнитной съемки и магнитной картографии (Ленинградское отделение НИИЗМ).

1944 г.



◀ Магнитная обсерватория
в Екатеринбурге (Свердловск)

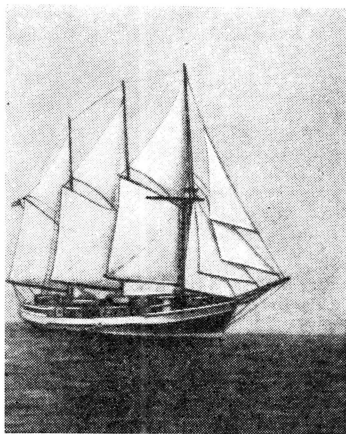
Ионосферная станция в
Екатеринбурге (Свердловск) ▶



1946 г.

Сотрудники института после рабочего дня строили новые помещения. И вскоре на территории научного городка выросли новые здания Центральной магнитной обсерватории и отделов исследования ионосферы, вариаций космических лучей, компарирования радиоволн. Втрое обширнее стало главное здание института. Появились характерные для астрономического учреждения купола.

1953 г.



Институт получил немагнитное судно — шхуну «Заря» водоизмещением 580 т. Шхуна была оборудована современной научной аппаратурой, сконструированной и изготовленной в НИИЗМ. Аппаратура позволяла измерять магнитное поле непосредственно на ходу судна, что было большим нововведением. В дальнейшем на шхуне «Заря» были установлены ионосферные станции для вертикального зондирования ионосферы и для изучения космических лучей — нейтронный монитор... Создается Мурманское отделение НИИЗМ, в дальнейшем преобразованное в Полярный геофизический институт. К этому времени штат НИИЗМ вырос до 300 человек. Тематика института стала настолько разнообразной, что он уже не мог по профилю работ входить в систему Главного управления гидрометеорологической службы.

Научно-исследовательский институт земного магнетизма был передан в Министерство связи и получил новое наименование — Научно-исследовательский институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн (НИЗМИР). НИЗМИР активно готовился к Международному геофизическому году (МГГ), его сотрудники возглавили ряд комиссий, а директор института Н. В. Пушков был избран вице-президентом Международного комитета по проведению МГГ. Фактически НИЗМИР возглавил всю исследовательскую работу по изучению земного магнетизма, ионосферы, вариаций космических лучей, полярных сияний. При институте был создан Мировой центр данных Международного геофизического года, куда поступали материалы со всех станций планеты. Тематика научно-исследовательских работ НИЗМИР значительно расширилась. Началось изучение космического пространства. Так, на третьем ИСЗ были установлены специальные магнитометры для определения величины магнитного поля в околоземном космическом пространстве.

1956 г.



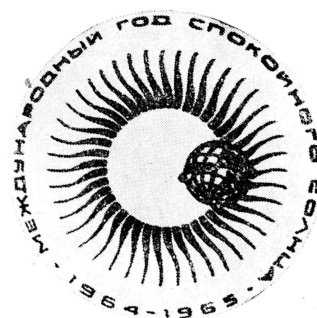
НИЗМИР приступил к изучению магнитного поля Луны. За работы в этой области заведующий магнитной лабораторией Ш. Ш. Долгинов и директор института Н. В. Пушков в 1961 г. были удостоены Ленинской премии.

1959 г.

Институт переходит в ведение Академии наук СССР и называется Институтом земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн (ИЗМИРАН). Академия наук СССР уделила большое внимание созданию сети комплексных магнитно-ионосферных станций. К настоящему времени эта сеть располагает 37 магнитными обсерваториями и 35 ионосферными станциями. Пожалуй, ни одна страна в мире не имеет такой большой сети.

По предложению ИЗМИРАН в Иркутске на базе магнитной обсерватории создается Сибирский институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн. Новое научное учреждение возглавило руководство всеми работами электромагнитного физического комплекса на просторах Сибири. Почти одновременно в Якутске образовался родственный Институт космифизических исследований и аэронавигации.

ИЗМИРАН принимает деятельное участие во всех крупных международных научных мероприятиях: в обширной программе Международного года спокойного Солнца и в программе Международного года активного Солнца.

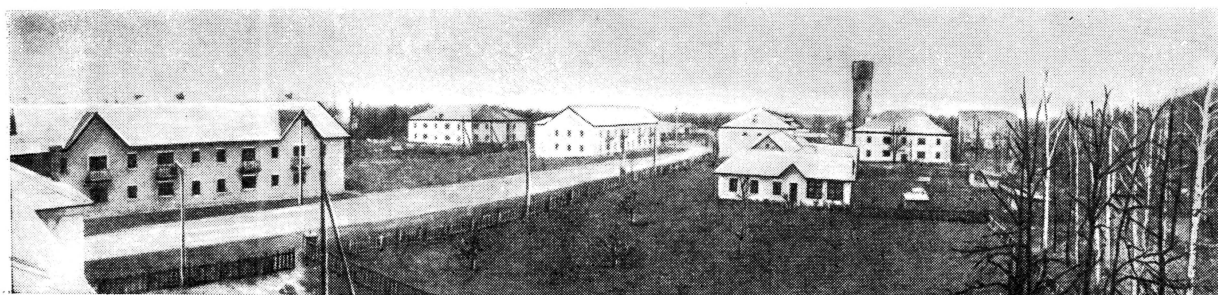


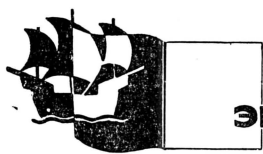
Постановлением Президиума Академии наук СССР определены основные направления исследовательских работ ИЗМИРАН. Это — изучение ионосферы и магнитосферы, распространения радиоволн в них, исследования по физике солнечно-земных связей и земному магнетизму. Возглавляет ИЗМИРАН доктор физико-математических наук, профессор Московского университета В. В. Мигулин, ведущий ученый в области теории колебаний и распространения радиоволн.

1969 г.

Б. М. ЛЯХОВ
ученый секретарь ИЗМИРАН

◀ Рабочий поселок НИИЗМ. Слева — в 1952 г., справа — Академический городок в 1967 г.





ЭКСПЕДИЦИИ

Первый советский астрограф в южном

Магеллановы Облака, Южный Крест, созвездие Центавра... Блестящая и совершенно необычная картина неба южного полушария, — безусловно, мечта всех романтиков наших широт.

С тех пор как европейцы впервые увидели и описали красоты южного неба, прошли века, но и сейчас еще этот мир звезд доступен лишь немногим жителям северного полушария, а потому особенно заманчив и загадочен.

Но у астрономов, кроме того, есть особый интерес к небесным сокровищам южного по-

лушария. В последние 10—15 лет в разных странах Европы и Америки уделяется все больше и больше внимания астрономическим и особенно астрофотографическим исследованиям в южном полушарии. Это объясняется тем, что задачи современной астрометрии, звездной и внегалактической астрономии все чаще требуют привлечения наблюдательных данных по всему небу. Только всеобъемлющие наблюдения могут обеспечить решение самых фундаментальных астрономических проблем, таких, например,

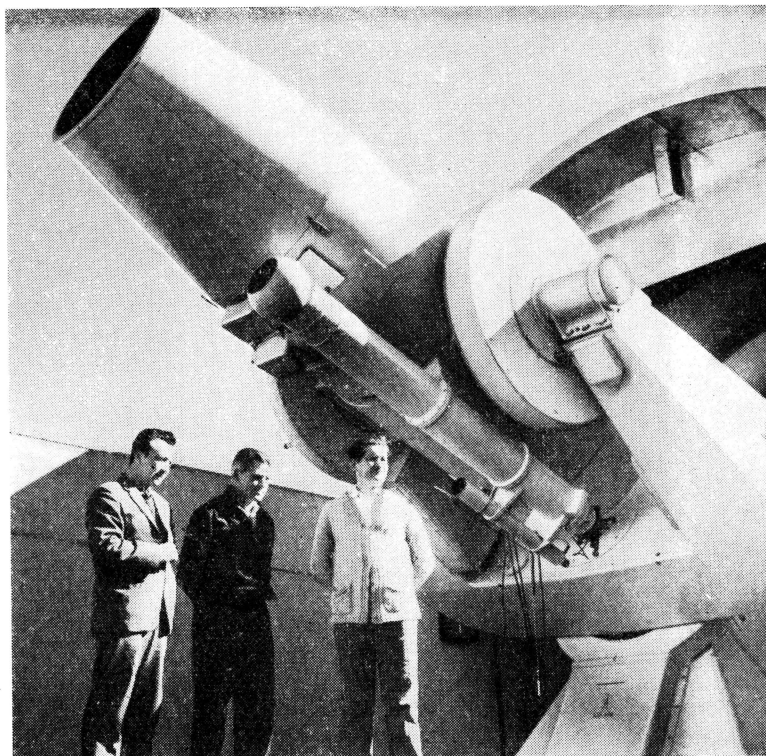


ЧИЛИ. Павильон советского астрографа на горе Роблес

Фото автора

полушарии

Л. А. ПАНАИОТОВ
кандидат физико-математических наук



У ДВУХМЕННОГО ТЕЛЕСКОПА СИСТЕМЫ МАКСУТОВА:
Ю. А. Беляев (слева), Л. А. Панаиотов (в центре) и чилийский астроном К. Горрес

как создание инерциальной системы координат или выяснение природы и эволюции материи во Вселенной.

В самом деле, для создания инерциальной системы отсчета необходимо, как известно, измерить с максимальной точностью абсолютные (т. е. не связанные ни с какими другими видимо подвижными объектами) положения и движения очень большого числа звезд. Решить удовлетворительно эту задачу по наблюдениям только из северного полушария Земли вряд ли возможно, так как несимметричность наблюдений (как в пространстве, так и во времени) может служить причиной значительных систематических ошибок. Так, воздействие силы тяжести, вызывающей прогибы и деформации астрономических инструментов, будет однозначно искажать координаты звезд, наблюдаемых в северном и южном полушариях. Сезонные же измерения условий наблюдений (температура и пр.) могут оказывать различное систематическое влияние в зависимости от времени наблюдений.

Легко сообразить, что наблюдения, проведенные в южном полушарии Земли, должны

быть отягчены аналогичными ошибками, но с противоположным знаком. Другими словами, можно надеяться, что сопоставление наблюдений, выполненных на однотипных инструментах из разных полушарий Земли, позволит получить координаты звезд, свободные от крупных систематических ошибок.

Для решения актуальных задач современной звездной и внегалактической астрономии не менее важны астрофотографические исследования в южном полушарии. Однако всего три активно работающих астрономических центра (в Австралии, Южной Африке и Аргентине), конечно, не могут обеспечить быстрого возрастающие потребности.

Надо добавить, что целый ряд объектов южного неба — Магеллановы Облака, южные участки Млечного Пути, различные скопления звезд, многие галактические и внегалактические объекты — это уникальные образования, аналоги которых отсутствуют в северном полушарии. Естественно, что исследование таких объектов представляет особенно большую ценность.

Только из южного полушария Земли можно

изучать ближайшие к нам внегалактические туманности — Магеллановы Облака. Эти галактики примерно в 10 раз ближе к нам, чем самая близкая галактика северного полушария — туманность Андромеды. Это значит, что телескоп с диаметром зеркала 50 см, установленный в южном полушарии, при фотографировании каких-либо объектов (например, шаровых скоплений) в Магеллановых Облаках будет эквивалентен по проникающей способности 5-метровому телескопу при изучении таких же объектов в туманности Андромеды.

Богатейшей областью для звездной астрономии и астрофизики является также район Млечного Пути вблизи переменной η Киля. Здесь ярко светящийся газ перемежается с совершенно темными, непрозрачными облаками космической пыли; бесчисленные, самые различные по форме, скопления звезд как бы погружены в сплошное облако еле различимых звезд. И вся эта фантастическая по красоте картина украшена бриллиантами ярких звезд. Недаром эту область неба называют «шкатулкой с алмазами». Нет сомнения, что в этой «шкатулке» скрыты и научные сокровища.

Интересно, что переменная η Киля — одна из самых загадочных звезд. Начиная с XVIII в. эта звезда непрерывно увеличивала свой блеск и в 1843 г. стала второй по яркости звездой на небе после Сириуса. Затем ее яркость быстро уменьшилась в сотни раз, а на протяжении последних десятилетий снова медленно возрастает. Физическая природа этих процессов до сих пор не ясна, и всесторонние наблюдения этой звезды представляют большой научный интерес.

Отметим, наконец, что в южной полусфере находится и одна из самых важных в современной астрономии областей исследования — центр нашей Галактики. По современным представлениям ядра галактик — это сгустки не только материи, но и громадного количества энергии, определяющего структуру, химический состав и важнейшие космогонические процессы в звездных системах.

Идея установки советского астрографа в южном полушарии возникла еще в 40-х годах в связи с обширным планом создания так называемого «Каталога слабых звезд». Сущность этого большого международного предприятия, выдвинутого советскими астрономами, состоит в следующем.

Как известно, всякая система небесных координат, употребляющаяся в настоящее время, связана с тем или иным каталогом точных положений звезд, определенных с Земли — реальной точки наблюдения, и отнесенных к центру Солнца — началу координат. Но как учесть сложное движение Солнца и самой Земли? Ведь мы и хотели бы это сделать из анализа точных положений звезд. Совершенно понятно, что любая система координат, связанная с Землей, Солнцем или звездами, не может быть в строгом смысле независимой, инерциальной или «абсолютной», поскольку само движение этих тел не изучено и является предметом исследований.

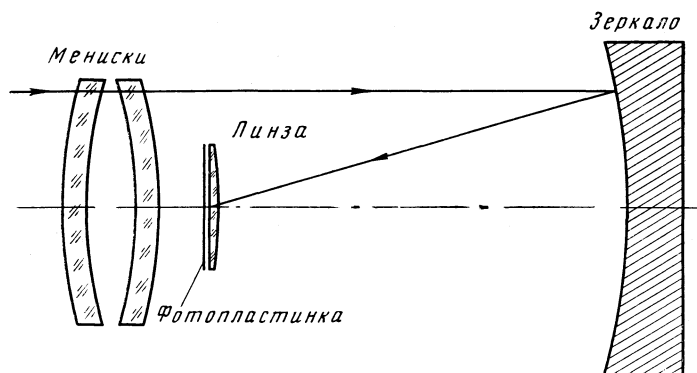
Кардинальное решение этой важнейшей задачи возможно только путем привязки положений (или движений) звезд к практически неподвижным объектам, находящимся за пределами нашей галактической системы. Такими объектами могут быть далекие внегалактические туманности, расстояния до которых так велики, что их положения на небе с достаточной точностью неизменны на протяжении веков. Внегалактические туманности — это те «неподвижные» реперы, относительно которых могут быть определены абсолютные движения и звезд, и Солнца, и самой Земли. Полученная таким способом система координат будет в высшей степени инерциальной, а картина движений небесных тел — максимально близкой к действительности.

Существенно отметить, что поскольку далекие внегалактические туманности невозможно наблюдать визуально, точные положения звезд относительно галактик могут определяться исключительно фотографическим способом.

Программа определения собственных движений звезд относительно внегалактических туманностей была разработана под руководством профессора А. Н. Дейча в Пулковской обсерватории и в настоящее время успешно выполняется как у нас, так и за рубежом. Распространение этой программы и на южное полушарие позволит получить картину точных движений звезд по всему небу.

В 1962 г. в Чили начала работать постоянная астрономическая экспедиция Пулковской обсерватории под руководством члена-корреспондента АН СССР М. С. Зверева*. Хорошие

* О работе экспедиции см. «Земля и Вселенная», № 1, 1965 г., стр. 71.



ОПТИЧЕСКАЯ СХЕМА двухменискового астрографа. Аберрации зеркала компенсируются двумя менисками, установленными вогнутой частью навстречу друг другу. Специальная линза, помещенная перед фотопластинкой, исправляет кривизну поля и дисторсию. Диаметр зеркала 1 м, менисков — 70 см, фокусное расстояние 2,1 м, светосила телескопа 1 : 3

астроклиматические условия, благожелательность и радушие хозяев — сотрудников обсерватории Серро-Калан во главе с ее директором К. Ангита позволили в дальнейшем расширить сотрудничество также на область астрофотографических исследований. Было решено в первую очередь заняться массовым определением собственных движений звезд относительно внегалактических туманностей.

Исходя именно из этой задачи, были выбраны основные параметры телескопа: при достаточно крупном диаметре астрограф должен иметь значительную светосилу и широкое поле хороших изображений. Из общих рассуждений ясно, что таким характеристикам лучше всего может удовлетворить отражательная, зеркальная система.

Применение рефлекторов для определения точных положений звезд долгое время затруднялось главным образом из-за сложности контроля температурных и механических смещений в оптике такого телескопа. С появлением и развитием зеркально-линзовых (катадиоптрических) систем положение стало значительно более перспективным. В сравнении с классическим рефлектором современные системы Шмидта и особенно Максутова имеют заведомо лучшую температурную и механическую стабильность. Однако и требования к точности астрономических измерений также беспрерывно возрастают.

В конце 50-х годов Д. Д. Максутов предложил оптическую схему астрографа, наилучшим образом отвечающего астрометрическим целям. В отличие от обычного менискового телескопа, астрограф имеет два мениска и зеркало слегка эллиптической формы. Такая си-

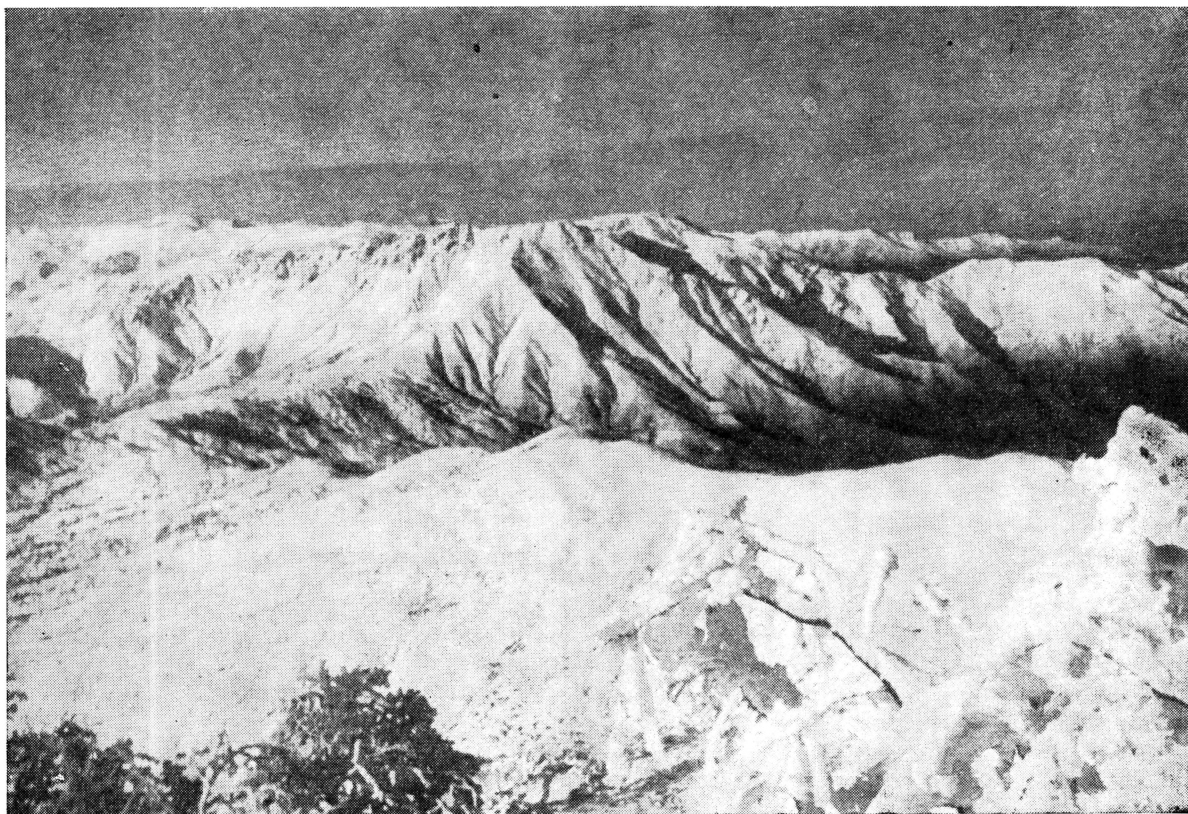
стема практически полностью ахроматична и в ней могут быть исправлены все другие аберрации.

В 1960 г. сотрудники Пулковской обсерватории Т. С. Белороссова, Н. В. Мерман, М. А. Соснина под руководством Д. Д. Максутова рассчитали двухменисковый астрограф, в котором были оптимально исправлены все аберрации, влияющие на точное положение объекта на фотографии.

По этим расчетам в 1964 г. на заводе Ленинградского оптико-механического объединения (ЛОМО) под руководством конструкторов М. Д. Афанасьева и П. В. Добычина был изготовлен первый астрограф этого типа, специально предназначенный для точных астрометрических наблюдений в южном полушарии.

Как известно, фокальной поверхностью сферического зеркала является также сфера, концентричная самой отражающей поверхности. Это обстоятельство очень затрудняет использование стеклянных пластинок в широкоугольных рефлекторах. Для устранения этого неудобства, перед фотопластинкой помещена специально рассчитанная линза, которая не только устраняет кривизну поля, но также исправляет дисторсию телескопа — некоторое различие масштаба снимка по разным направлениям.

Астрограф имеет современную систему автоматического управления и точного слежения за суточным движением небесных тел. За часовую экспозицию смещение звезды в фокальной плоскости вследствие неточности ведения телескопа не превосходит нескольких микронов (разумеется, другие, в частно-



КОРДИЛЬЕРЫ ЗИМОЙ. Фотография сделана с вершины горы Роблес

Фото автора

сти атмосферные, причины могут вызывать заведомо большие смещения). Телескоп снабжен системой фотоэлектрического гидирования, что освобождает наблюдателя от весьма утомительного труда — непрерывного визуального контроля точности слежения телескопа за звездой. Как показал опыт, качество фотоэлектрического гидирования не уступает даже визуальному у опытных наблюдателей. Установка телескопа по координатам осуществляется дистанционно с точностью до 1—2 минут дуги.

Окончательную проверку оптических качеств телескопа выполнил лично Д. Д. Максудов. Руководствуясь его указаниями, оптики завода сумели не только изготовить первоклассную оптическую систему, но и в совершенстве отъюстировать ее.

Современные достаточно крупные телескопы никогда не устанавливаются без предварительного детального исследования астро-

климата выбранного места. Астроклимат — это совокупность большого числа самых различных атмосферных и метеорологических характеристик, которые могут влиять на эффективность работы инструмента. Главнейшими из этих характеристик являются качество и устойчивость изображений звезд, а также общее число ясных ночей в году. Астроклимат северных и центральных районов Чили, по-видимому, один из лучших на земном шаре. Во всяком случае, исследования, проведенные недавно американскими и европейскими обсерваториями в различных районах южного полушария (Южная Африка, Австралия, Южная Америка), показали бесспорное преимущество астроклимата этой далекой страны.

Чилийские астрономы на основании многолетних астроклиматических исследований, выполненных научными сотрудниками обсерватории Серро-Калан К. Торресом и Ю. Стоком, предложили установить советский астрограф на горе Роблес, в 90 км к северо-западу от Сантьяго, на высоте 2200 м в

западных отрогах Кордильер. Чтобы туда добраться из столицы Чили, надо сначала ехать на север по прямой как стрела авто-страде, протянувшейся через весь южноамериканский материк. Затем путь лежит в горы. Через маленькие селения, заросли диких кактусов и сплошное нагромождение каменных глыб дорога приводит на самую вершину, откуда открывается прекрасный вид на главную цепь Кордильер с крупнейшей вершиной южноамериканского континента Аконкагуа. На западе пологие склоны гор постепенно переходят в побережье Тихого океана. Сплошь каменистые склоны горы Роблес местами покрыты мелким кустарником, среди которого часто встречается карликовый американский дуб (от него-то гора и получила свое название).

Хорошо продуманный проект здания, включающего наблюдательный павильон, лабораторные и жилые помещения, разработал опытный чилийский архитектор Э. Маркетти. Строительные работы начались в марте 1966 г. и продвигались довольно быстро. Примерно через год здание, в основном, было готово. Поскольку этот район (как и вся страна) находится в зоне повышенной сейсмичности, авторы проекта обратили особое внимание на сейсмостойкость не только здания, но и самой установки телескопа.

Еще до окончания строительства, в феврале 1967 г., в Чили прибыла специальная бригада завода ЛОМО для выполнения монтажа и юстировки телескопа. Для облегчения и ускорения монтажных работ астрограф был отправлен в Чили крупными узлами, часть из которых в упаковке имела весьма солидные габариты и вес. Доставка автотранспортом таких грузов по горной дороге была серьезной проблемой, но чилийские водители успешно с ней справились.

Монтаж телескопа продолжался 10 месяцев и был закончен в декабре 1967 г. После этого совместными усилиями советских и чилийских наблюдателей астрограф был окончательно отъюстирован и в апреле 1968 г. он вступил в строй.

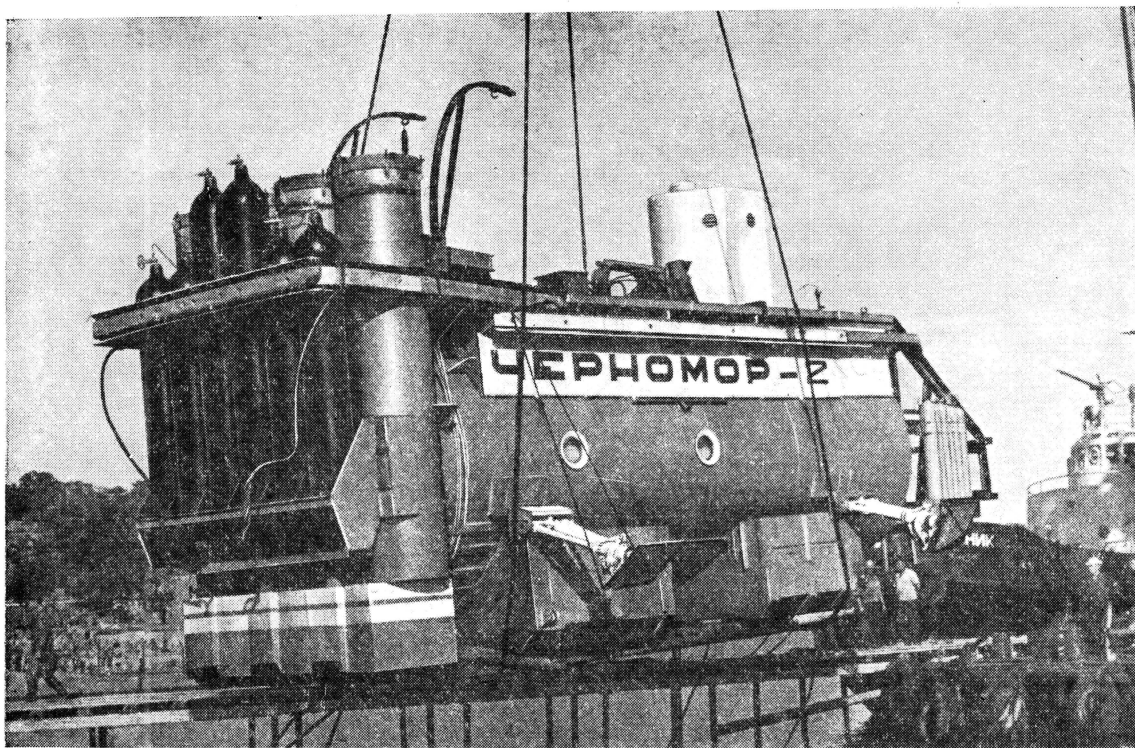
Телескоп имеет не только совершенную конструкцию, но и весьма эффектный внеш-

ний вид. Недаром наши друзья — чилийские астрономы сделали шуточную надпись на основании инструмента: «*Esto es Maksutov, mas lindo en Mundo y en alrededores*», что по-русски звучит примерно так: «Это — телескоп Максудова, самый красивый на земном шаре и в его окрестностях».

Уже первые снимки южного неба показали высокое качество оптики телескопа. Как в центре, так и на краях поля инструмент дает отличные изображения звезд, практически не искаженные aberrациями. Диаметры предельных звездных изображений не превосходят 20 мкм, обеспечивая очень высокую разрешающую способность инструмента. Проникающая способность астрографа не уступает лучшим современным телескопам такого же диаметра. При экспозиции 30—40 минут на пластинках высшей чувствительности астрограф способен фиксировать звезды до 20-й величины. Таким образом, звезды ранних спектральных классов мы можем фотографировать на расстояниях более 300 тыс. световых лет. Это намного превышает не только размеры нашей Галактики, но и расстояние, отделяющее нас от Магеллановых Облаков. Предельное расстояние для фотографирования внегалактических туманностей возрастает соответственно до 1 млрд. световых лет. В объеме такого радиуса находится, по-видимому, не менее 100 млн. галактик, что показывает очень большие возможности нового телескопа не только в звездной, но и во внегалактической астрономии.

Наконец, отметим, что благодаря большой светосиле и широкому полю этот телескоп очень удобен для фотографирования таких быстро движущихся объектов, как малые планеты или кометы. В июне — июле 1968 г. Ю. А. Беляев, Г. А. Плюгин и чилийский астроном К. Торрес успешно фотографировали новым телескопом малую планету Икар при ее сближении с Землей.

Так в южном полушарии, за многие тысячи километров от места своего рождения, начал работать первый советский астрограф — источник новых знаний о далеких мирах Вселенной.

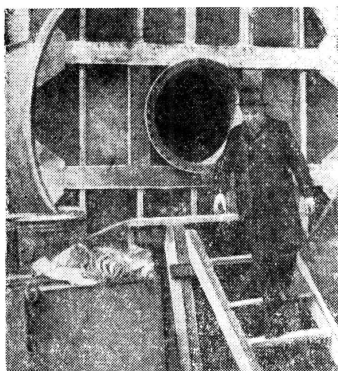


Подводная лаборатория «Черномор-2»

Летом 1968 г. был осуществлен подводный эксперимент из лаборатории «Черномор». Год спустя мне довелось познакомиться с

подводной лабораторией «Черномор-2» и подготовкой эксперимента «Черномор-69». За год упорного труда персонала эксперименталь-

ных мастерских Южного отделения Института океанологии имени П. П. Ширшова АН СССР конструкция подводного дома существенно изменилась.



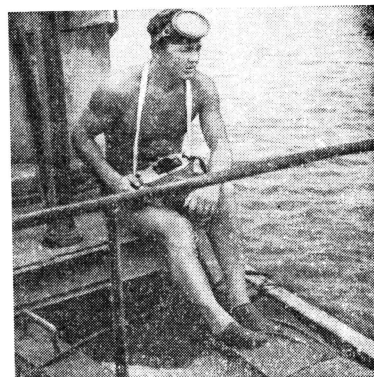
В экспериментальных мастерских Южного отделения Института океанологии АН СССР началось превращение просто «Черномора» в «Черномор-2». Каждая деталь новой конструкции побывала в надежных руках заведующего мастерскими Олега Леонидовича Стельмаха

Фото В. И. Ефремова



Руслан Пченушой, «Асс электросварки», покоряет своей изобретательностью, смекалкой и завидным оптимизмом

Фото В. И. Ефремова



Нет никаких оснований сомневаться в прочности конструкции «Черномора-2». И все-таки нельзя без водолазов. Валерий Чернов — водолаз-«абсолют», самый неутомимый из акванавтов, справится с любой подводной неприятностью

Фото В. И. Ефремова

«Черномор-2» — вполне самостоятельное, автономное сооружение, не зависящее от плавбазы. Много сделано для обеспечения безопасности акванавтов и ученых, которым предстоит жить и работать на 25-метровой глубине. Совершенно новая конструктивная деталь «Черномора-2» — аварийная барокамера. Она может отделиться от основного корпуса подводного дома и, подобно лифту, быстро подняться на поверхность. Новым является и разделение лаборатории на сухую и влажную зоны. Водолазный отсек с шахтой избавят акванавтов от лишней влаги в воздухе лаборатории.

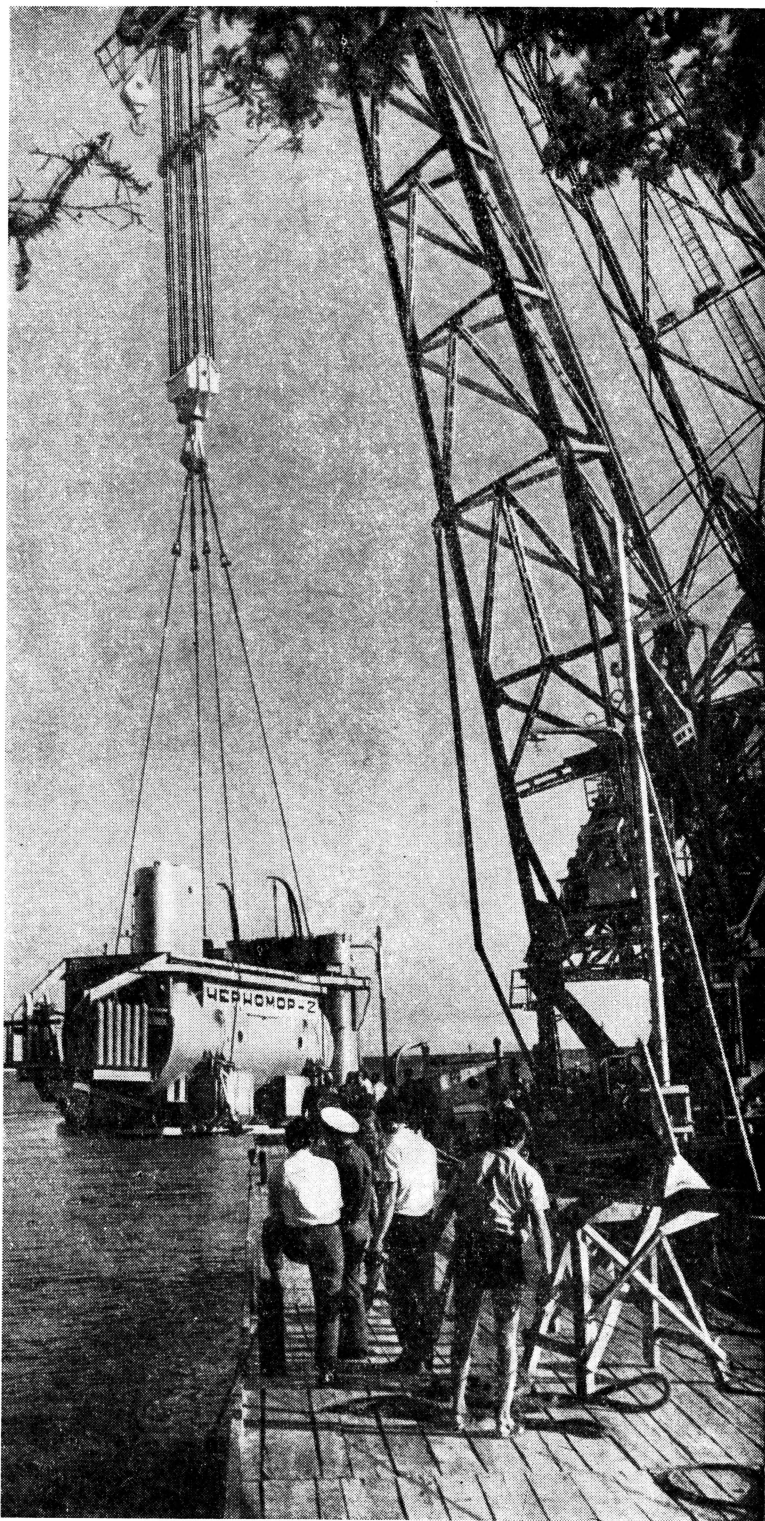
Конечно, самостоятельность «Черномора-2» сказалась и на его внешнем облике: цилиндрический корпус «оброс» многочисленными баллонами с газовой смесью, аккумуляторами; выросли гидравлические лапы; появилась водолазная шахта.

«Черномору-2» предстоит опуститься на рабочий горизонт недалеко от мачты, которая пока что одиноко возвышается над водой в километре от берега. Но скоро, по словам заведующего лабораторией подводных экспериментов Владлена Петровича Николаева, эта мачта, предназначенная для наблюдений, будет украшена, как новогодняя елка. Правда, «елка» довольно высокая — 26 м и почти вся погружена в воду. Но зато «украшать» ее будут над водой и под водой самые различные приборы: датчики надводной и подводной освещенности, прозрачномеры, датчики волнового давления, «термокоса», регистраторы морских течений и даже телевизионная антенна. Множество кабелей (около 30 видов) соединят подводный дом с мачтой. Все результаты наблюдений подвесными приборами будут записаны на осциллографах подводной лаборатории. В эксперименте 1969 г. есть еще одна особенность. Отправляясь на полигоны или к мачте, акванавты могут по пути отдохнуть в специальном пневмоубежище «Спрут». На берегу «Спрут» напоминает казахскую юрту с полом, но без дымового отверстия. Водолазы ставят эту «юрту» на дно, затем ее наполняют воздухом и... «Добро пожаловать, уставшие акванавты!»

Голубая бухта встретила и проводила меня трудовым накалом последних недель до погружения «Черномора-2».

Н. П. ЕГОРЕНКО

От редакции: Пока эта статья находилась в печати, эксперимент был успешно завершен.



Портовый кран бережно опускает 70-тонное сооружение на поверхность воды

Фото Н. В. Есина

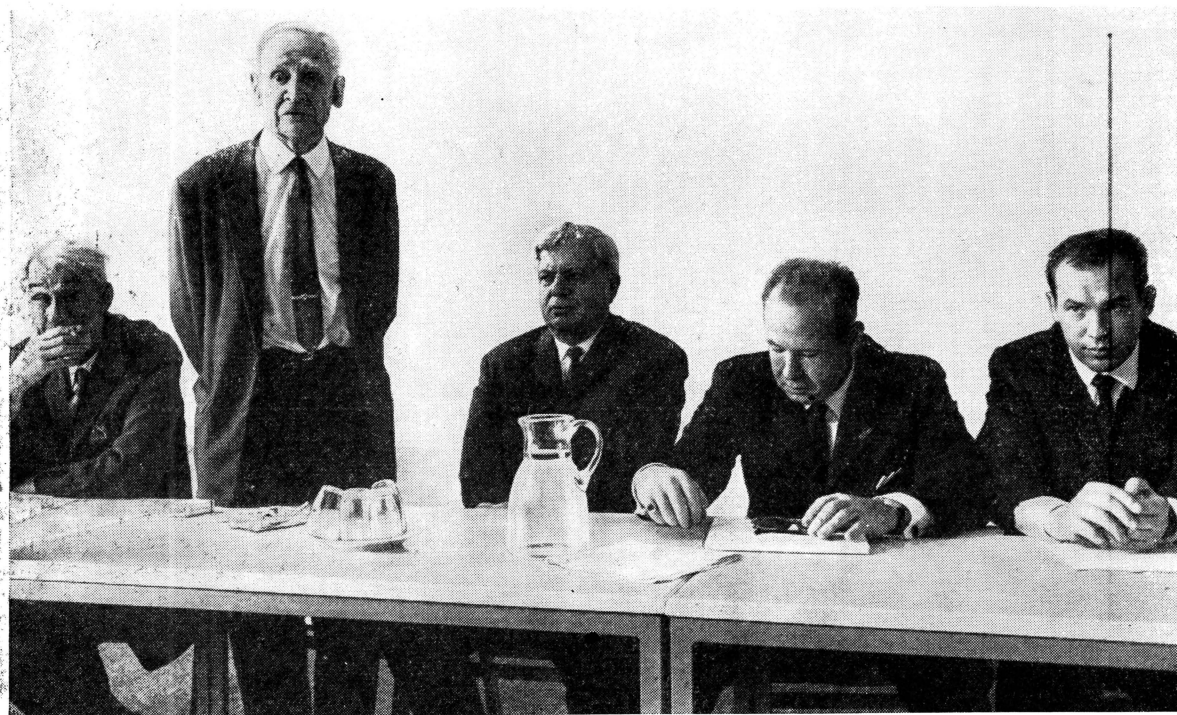
Космическая выставка в Вене

В августе 1968 г. в Вене, в период работы Конференции Организации Объединенных Наций по исследованию и использованию космического пространства в мирных целях, Академия наук СССР организовала выставку «Освоение космического пространства Советским Союзом».

Для экспозиции был выбран самый большой зал выставочного дворца Мессепаласт, расположенного в центре города.

Австрийское радио, телевидение и пресса проявляли интерес к выставке еще в период ее монтажа. 11 августа орган Коммунистической партии Австрии газета «Фольксштимме» опубликовала фотографии экспонатов выставки, а 13 августа по радио и телевидению было передано интервью редактора австрийского радио Ф. Рока с директором выставки.

13 августа, накануне открытия выставки,



ПРЕСС-КОНФЕРЕНЦИЯ АВСТРИЙСКИХ И ИНОСТРАННЫХ ЖУРНАЛИСТОВ накануне открытия космической выставки. Слева направо: академик Г. И. Петров, академик А. А. Благоврагов, посол СССР в Австрии Б. Ф. Подцероб, летчик-космонавт А. А. Леонов, В. И. Кузьмин



Общий вид выставки в Вене

в Мессепаласте состоялась пресс-конференция. Ее открыл посол СССР в Австрии тов. Б. Ф. Подцероб. На вопросы австрийских и иностранных журналистов отвечали академик А. А. Благоврахов — глава советской делегации на Конференции ООН, академик Г. И. Петров и летчик-космонавт А. А. Леонов.

Открытие выставки прошло в торжественной обстановке 14 августа. Ленточку перерезал летчик-космонавт А. А. Леонов, он же давал объяснения первым посетителям выставки.

Выставка демонстрировала выдающиеся научно-технические достижения советских ученых, инженеров и рабочих в исследовании космического пространства и планет солнечной системы. Здесь было представлено свыше 30 экспонатов ракетно-космической техники, а также полученные результаты научных исследований.

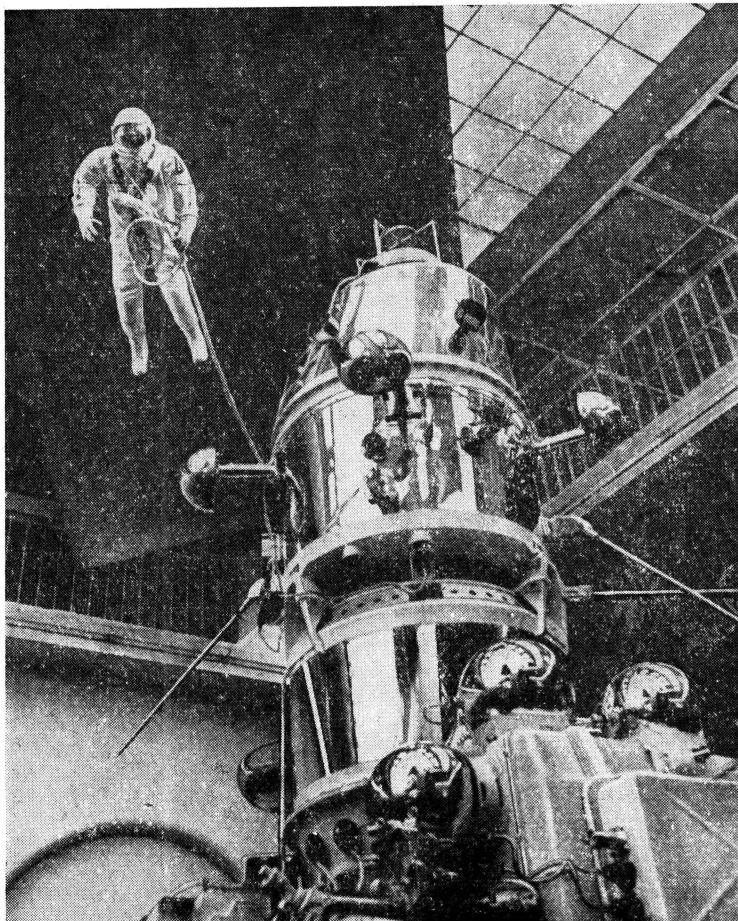
Хорошее впечатление выставка произвела

на министра иностранных дел Австрии г-на К. Вальдхайма — президента Конференции ООН по исследованию и использованию космического пространства в мирных целях, посетившего ее в день открытия. В числе первых посетителей выставки был заместитель Генерального секретаря ООН тов. Л. Н. Кутаков.

«Невероятно! Восхитительно!» — так отзывались о нашей выставке бургомистр города Вены г-н Р. Марек и г-н Поргес — представитель Федерального совета Австрии.

Среди посетителей выставки был посол США в Австрии г-н Макартур, который с большим вниманием осмотрел экспозицию. Директор выставки Международного консорциума* «Интелсат» г-н Генри отметил,

* Консорциум — временное соглашение между несколькими банками или промышленными монополиями в капиталистических странах для проведения коммерческих операций большого масштаба.



АВТОМАТИЧЕСКАЯ МЕЖПЛАНЕТНАЯ СТАНЦИЯ «ЛУНА-10» и скафандр для выхода в открытый космос

что посол США посетил выставку СССР с тем, «чтобы посмотреть, как надо проводить подобные мероприятия».

Живейший интерес к представленным экспонатам проявили члены парламента США г-н Джеймс Фултон и г-н Джордж Миллер (председатель Комитета по космическим исследованиям Палаты представителей конгресса США), посетившие выставку 15 августа.

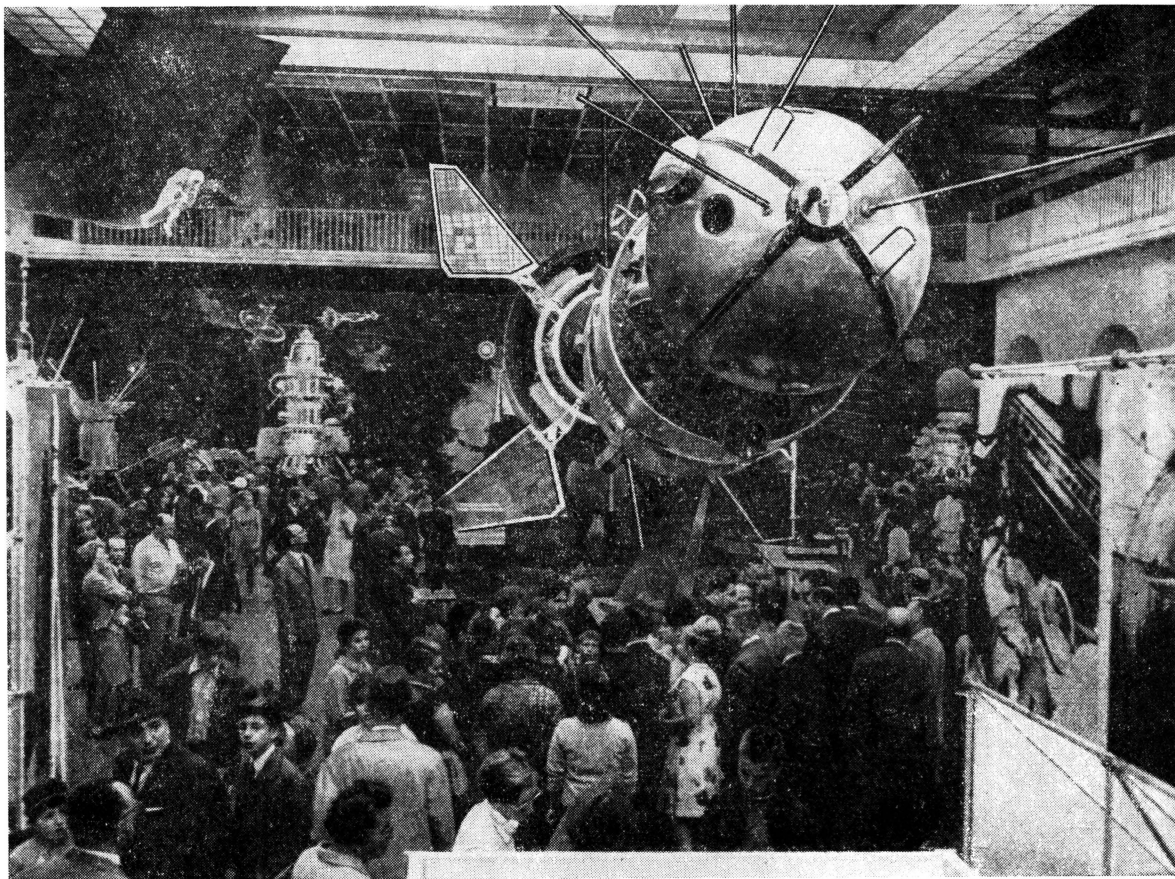
Пожелания дальнейших успехов в деле освоения космоса, гордость за Советский Союз и его успехи, восхищение выставкой и ее экспонатами — основная тема многочисленных отзывов посетителей.

Иранские студенты оставили запись в книге отзывов: «Желаем Вам дальнейших успехов! Ваш успех — это успех всех народов мира».

В период работы выставки австрийские газеты опубликовали много доброжелательных статей и поместили фотографии, иллюстрирующие достижения советской космонавтики. Почти в каждой газете был напечатан снимок космонавта А. А. Леонова на фоне космического корабля «Восток». Экспонаты «Протон-1», спутник связи «Молния-1», автоматические станции «Луна-9», «Луна-10», «Венера-4» и метеорологический спутник «Космос-156» можно назвать «фотозвездами» выставки.

Всего за две недели работы выставки ее посетило около 60 тыс. человек. Это — внушительная цифра для Австрии, ведь август — отпускной сезон и каникулярный период.

В кинозале нашей выставки непрерывно демонстрировались восемь советских филь-



Посетители с интересом рассматривают экспонаты

мов об исследовании космоса. Большим успехом пользовался фильм «10 лет космической эры».

Издательство Коммунистической партии Австрии «Глобус» напечатало на немецком языке проспекты выставки. Было распространено также большое количество брошюр, изданных в Москве АПН на английском и немецком языках по истории освоения космического пространства Советским Союзом и о спутниках связи «Молния-1».

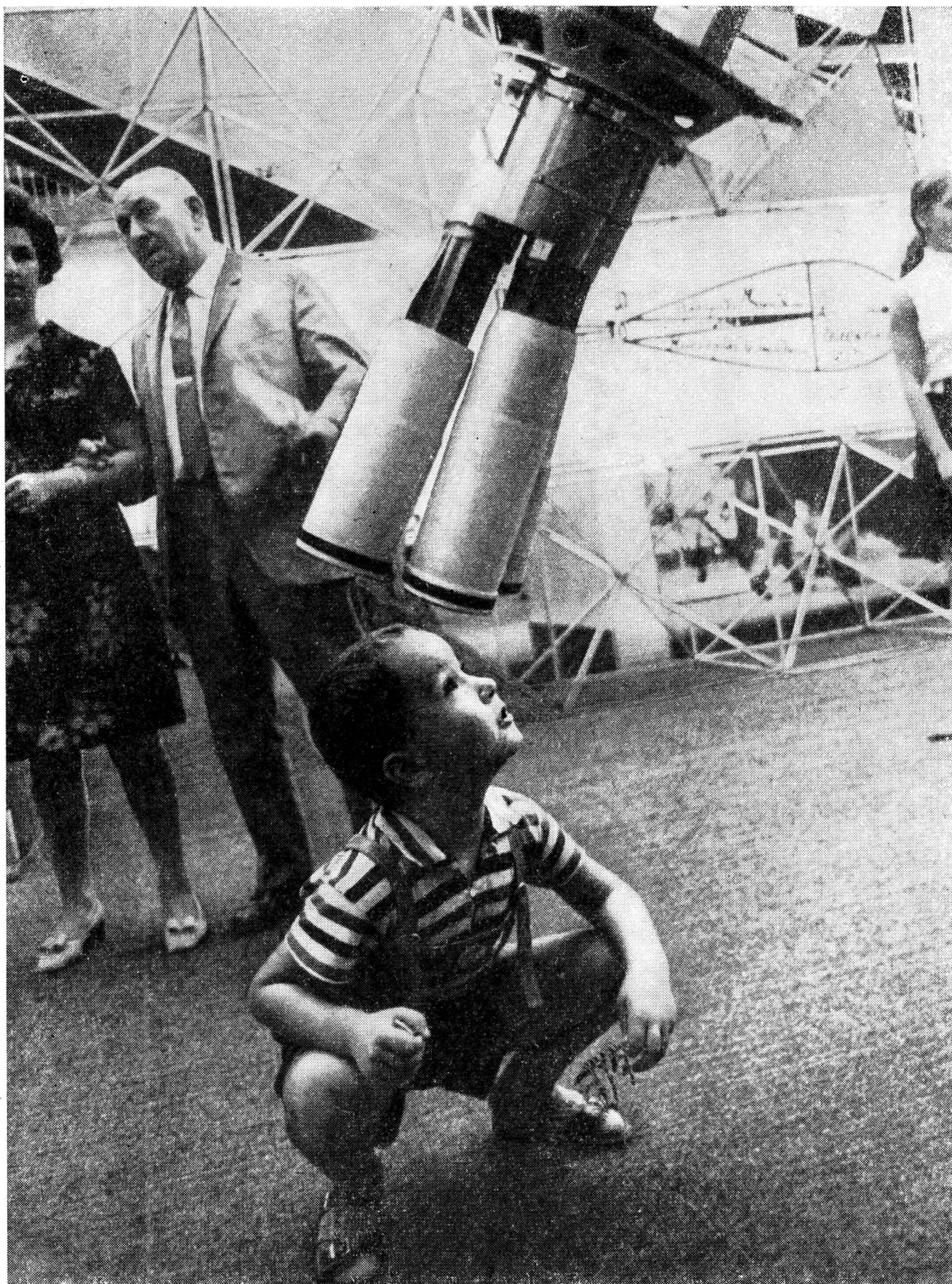
В смежных помещениях Мессепаласта была организована выставка Международного консорциума «Интелсат», в который входят 62 страны. Здесь экспонировались модели американских спутников связи «Интелсат». Одновременно на трех экранах демонстрировался цветной фильм о спутниках связи «Интелсат» — «Эхо».

Одновременно с выставкой в Мессепаласте во дворце Хофбург, где проходила Кон-

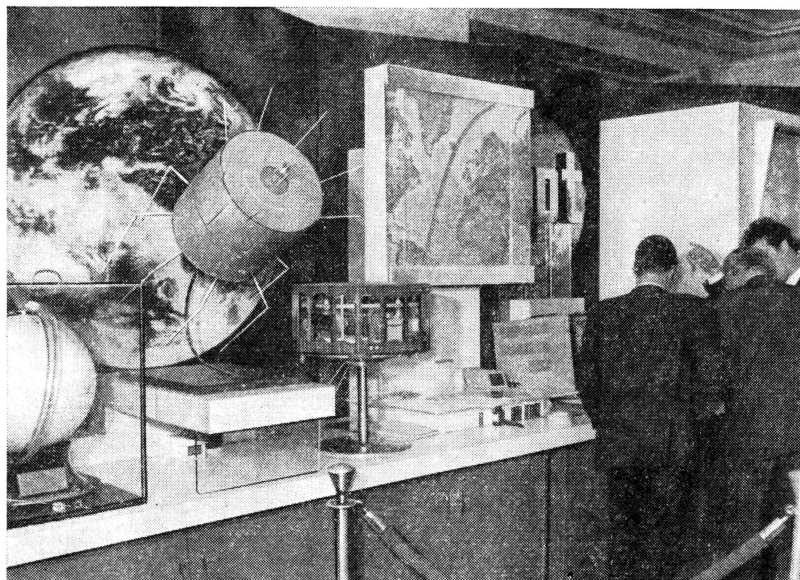
ференция ООН по исследованию и использованию космического пространства в мирных целях, была устроена малая космическая выставка. В ней приняли участие семь стран: СССР, США, Австрия совместно со Швейцарией, Индия, Финляндия и Австралия.

Экспонаты, представленные этими странами, были расположены в общем помещении площадью свыше 1000 м². В целом выставка содержала весьма ограниченное количество макетов космических аппаратов и ракет, а также стенды с фотографиями. Тем не менее, выставки США, Индии и Австрии вызвали определенный интерес благодаря удачно спланированной экспозиции, отличающейся хорошей наглядностью и насыщенностью информацией.

Экспозиция США отвечала тематике Конференции и была посвящена разным аспектам использования космической техники,



ЮНЫЙ ПОСЕТИТЕЛЬ рассматривает остронаправленную антенну спутника связи «Молния-1»



СТЕНД американской метеорологической системы ТОС

достижениям науки и техники, вызванным развитием космонавтики, в решении различных, в том числе и хозяйственных, задач. Достаточно подробно освещались вопросы использования космической техники в метеорологии, океанографии, геодезии, связи, навигации, сельском и лесном хозяйствах.

Интересна экспозиция метеорологической системы ТОС, состоящая из подвижного макета земного шара, метеорологического спутника и аппаратуры АПТ, предназначенной для автоматической передачи изображений метеорологической ситуации со спутника. Во время демонстрации системы посетитель мог получить фотографию метеорологической обстановки над Европой.

Индия экспонировала мелкомасштабные модели: ракеты «Рахайн-7S» и головной части ракеты «Дарт». Стенды содержали сведения о космических исследованиях в Индии и об Индийском национальном космическом центре ССТС, который занимается вопросами космической физики, аэродинамики и т. д.

Стенды Австрии и Швейцарии в основном были посвящены истории возникновения космонавтики и роли в ней австрийских ученых. При этом отмечалось значение ра-

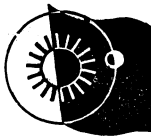
бот советского ученого К. Э. Циолковского, заложившего основы современной космонавтики и ракетной техники.

Экспозиция Финляндии иллюстрировала космические исследования, проведенные радиолaborаторией Технологического университета в Хельсинки, Геодезическим институтом и Финской станцией приема спутниковых программ.

Австралия представила в натуральную величину макет первого австралийского искусственного спутника Земли «Вресат», запущенного 29 ноября 1967 г. для изучения Солнца. Были показаны фотографии ракетодрома Вумери, с которого производятся запуски ракет Европейской организацией по разработке ракет-носителей.

Участники конференции и сотрудники космической выставки совершили экскурсии в Баден, Зальцбург, посетили отроги Альп. Советские люди везде встречали радужный прием и благожелательное отношение гостеприимных австрийцев, которые в многочисленных беседах высказывали здравые суждения о необходимости мира на Земле и дружбы всех народов.

В. И. КУЗЬМИН
директор советской космической выставки



Средняя школа должна знакомить с геодезией

Об улучшении преподавания астрономии в средней школе говорят и пишут очень много. А как обстоит дело с геодезией? Необходимые элементы и начала геодезии можно изучать в двух школьных курсах: на уроках математики — измерительные работы с угломерными инструментами, и на уроках географии — топографическая съемка и основы картографии.

В курсе школьной географии последнее время стали уделять внимание топографии: работе с картой, решению практических задач и т. д. По основам топографии и картографии читаются факультативные курсы в объеме 70 часов. Но этого явно недостаточно, что очень беспокоит геодезистов.

По роду своей работы мы встречаемся со студентами первых курсов технических вузов и нам особенно заметны пробелы в их математическом образовании. Вчерашние школьники, оказывается, не умеют пользоваться простейшими вычислительными средствами (счетами, арифмометрами, логарифмическими линейками и т. д.), не имеют навыков быстрого и рационального устного счета, никогда не работали с номограммами, графиками, логарифмическими таблицами, не научились применять математические формулы к измерению площадей, объемов и т. д.

Математика нужна всем, поэтому необходимо в новых учебных программах восстановить и усилить разделы измерений на местности, особенно в 7—9 классах. Именно измерительные работы на местности способствуют убедительности, доказательности, глубине понимания и эффективности изучения математики. Мы понимаем, что исключение измерительных работ из программы математики средней школы облегчает труд некоторых преподавателей. Разумеется, работать с детьми в поле весьма хлопотно, куда проще «меловое» изложение предмета на доске. Однако всем должно быть ясно, что многие математические формулы становятся «полезными» в сознании учащихся именно

при измерениях в поле. Для измерительных работ на местности нужны, конечно, новые модели инструментов, а не «допотопные» астролябии. Неужели не настало время серийно изготавливать школьные облегченные и недорогие теодолиты и другие приборы? В школах должны быть хорошо оборудованные технические кабинеты, оснащенные настоящими приборами, а не кустарными самодельками. Школам могли бы помочь проектно-изыскательские, геодезические и другие организации, передавая им «лишние» приборы. Часто такие приборы «радивые» хозяева списывают на металлолом. Занятия можно спланировать так, чтобы изучение теории и ознакомление с инструментами проводилось зимой, а измерения — весной, в хорошую погоду, на сдвоенных уроках в конце занятий. Практические работы можно проводить на школьных дворах или специально оборудованных площадках.

Члены геодезической секции Куйбышевского отделения ВАГО уже много лет успешно занимаются с детьми в поле. Ведь измерительные работы на местности с угломерными и оптическими инструментами во многом способствуют развитию смекалки и инициативы, прививают трудовые навыки, самостоятельность и культуру труда.

В 1967—1969 гг. члены Куйбышевского отделения ВАГО организовали семинар для учителей географии, которые ведут в школе факультативный курс «Основы топографии и картографии». Эти занятия посетило около 200 человек. Необходимость таких занятий очевидна. Желательно, чтобы Геодезическая секция Центрального совета ВАГО взяла на себя инициативу и скорее разработала рекомендации по изучению элементов геодезии в школьных курсах математики и географии.

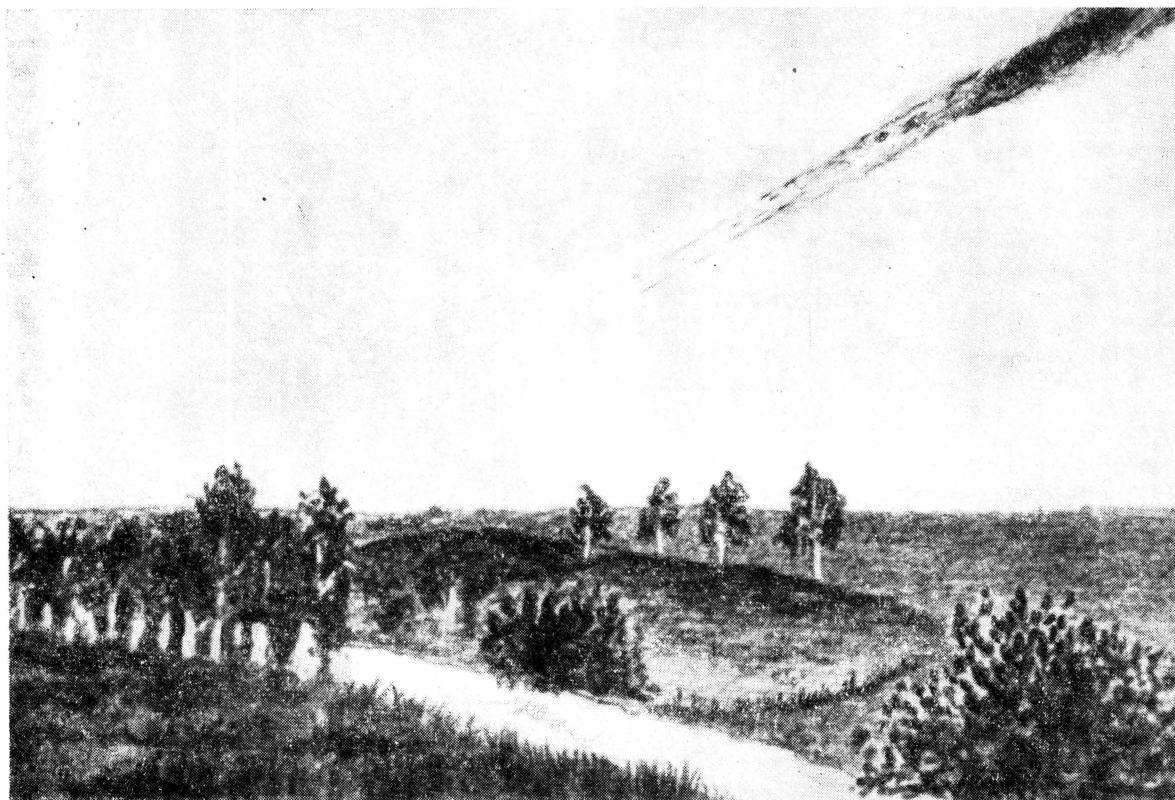
И. Ф. БОЛГОВ
кандидат технических наук



Если вы нашли метеорит

По различным оценкам, на 1 млн км² земной поверхности падает примерно 5 метеоритов в год. Большинство из них неустойчивы к погодным воздействиям, а потому разрушаются в течение нескольких сотен лет. Если считать, что метеорит сохра-

няется в грунте 200 лет, то в данный момент на каждом миллионе квадратных километров находится 1000 метеоритов. Иными словами, метеориты лежат на местности довольно «густо» — на расстоянии приблизительно 30 км друг от друга! К сожалению, в действи-



БОЛИД, ПОЛЕТ КОТОРОГО закончился падением метеорита Кунашек 11 июня 1949 г. в Челябинской области. Найдено 20 отдельных экземпляров общим весом 200 кг.

Рисунок очевидца.

тельности небесные камни встречаются гораздо реже, чем это могло бы следовать из наших подсчетов.

Сейчас во всем мире известно около 1800 метеоритов. Академия наук СССР обладает одной из крупнейших коллекций, насчитывающей 340 метеоритов. Пополняются метеоритные собрания, главным образом, за счет случайных находок, поскольку до настоящего времени не разработаны какие-либо специальные методы поиска метеоритов.

Почти ежедневно в Комитет по метеоритам Академии наук СССР почта приносит небольшие посылки и бандероли. В них — куски камней и железа, заподозренные в родстве с метеоритами. Посылки присылают геологи, агрономы, строительные рабочие, трактористы, любители-краеведы и туристы. В подавляющем большинстве случаев найденные образцы имеют земное происхождение. Это — или горные породы, не типичные для данной местности, или железная руда, или металлургические шлаки. Но лучше проверить тысячу обыкновенных камней, чем пропустить один метеорит! И время от времени метеориты попадают.

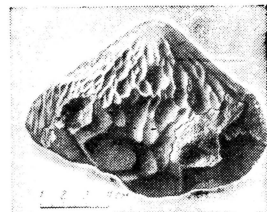
Как отличить метеорит от земных пород?

Космическое происхождение упавших камней (или металла) почти не вызывает сомнений в том случае, когда вы становитесь свидетелем полета болида и сами наблюдаете его падение. Надо только иметь в виду чрезвычайно распространенную ошибку. Обычно кажется, что болид пролетел совсем недалеко, за ближайшим леском. Находясь под этим обманчивым впечатлением, легко принять за метеорит любой камень. Нужно помнить, что болиды очень яркие и видны за сотни километров. Только собрав сведения из разных отдаленных друг от друга мест, можно определить, где вероятнее всего упал метеорит.

Как известно, метеориты бывают железные, железо-каменные, и каменные. Каменные метеориты падают чаще, чем железные, но заметить железный метеорит на земле проще, потому-то они и преобладают среди находок.

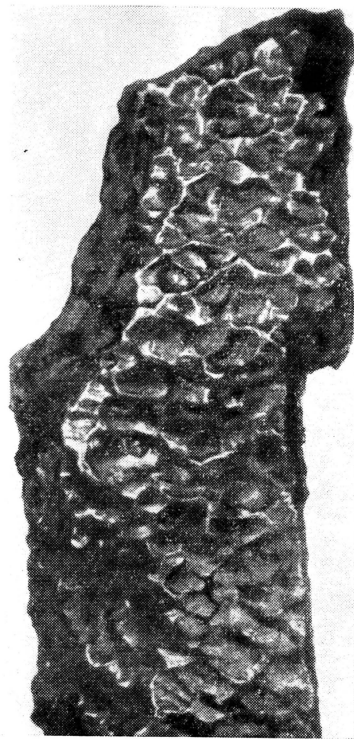
Железные метеориты — это монолитные куски железо-никелевого сплава. Они резко отличаются от земных горных пород. Обычно железные метеориты имеют неправильную обломочную форму. Они приобретают ее в результате дробления, происходящего либо в межпланетном пространстве при столкновениях, либо в атмосфере под действием аэродинамического напора. Дроб-

*ОРИЕНТИРОВАННЫЙ
каменный метеорит Ка-
ракол (вес 2,8 кг, паде-
ние 9 мая 1840 г.)*



ление метеоритов приводит к тому, что в большинстве случаев выпадает метеоритный дождь. Иногда встречаются ориентированные метеориты, которые во время полета были обточены и оплавлены воздухом, поэтому форма их коническая. Такая форма свидетельствует о падении одиночного метеорита.

Характерной особенностью внешнего вида и железных, и каменных метеоритов являются своеобразные углубления — **регмаглипты**. Они образуются в результате сверлящего действия раскаленного потока воздуха, обдувающего метеорит при движении



*РЕГМАГЛИПТЫ на поверхности
одного из осколков железного
метеорита Богуславка (вес 257 кг,
падение 18 октября 1916 г.)*

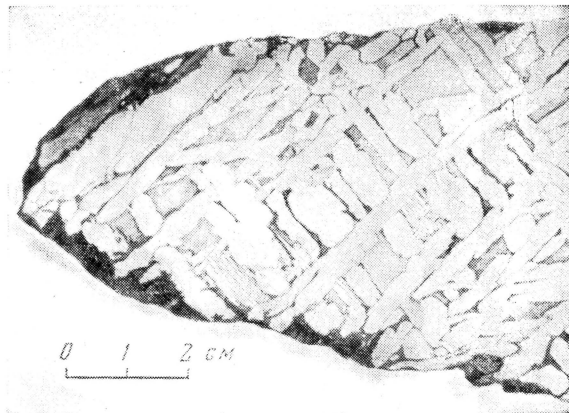
через атмосферу. Размеры регмаглипта составляют в среднем одну десятую от поперечника метеорита. Регмаглипты не успевают возникнуть на поверхностях раскола, если метеорит дробится лишь в конце полета.

Поверхность железных метеоритов бывает покрыта корой плавления — темным, тонким (не более миллиметра) слоем окислов металла. Это — следы интенсивного оплавления, которое вызывает в полете образующаяся перед метеоритом сильная ударная волна. Однако никогда во время сравнительно кратковременного полета метеориты не проплавляются насквозь, так как нагретый и расплавленный поверхностный слой тотчас же сдувается воздушным потоком. Таким образом, метеориты совсем не похожи на металлургический шлак, с которым их нередко путают. Кроме того, в отличие от шлаков, внутри метеоритов не бывает пустот, пор и каверн.

Попав на землю, небесный пришелец быстро теряет свой облик. Железные метеориты более чем на 90% состоят из железа, и поэтому быстро окисляются, ржавеют. Слой ржавчины постепенно становится все более толстым и через несколько десятилетий или столетий (в зависимости от размеров и окружающих условий) метеорит превращается в комок бурых гидроокислов.

Для опознания старых метеоритов полезно запомнить, что составляющий их металл очень мягкий — легко пилится, и в то же время довольно хрупкий — плохо куется. Уникальной особенностью метеоритного железа является также его крупнокристаллическая структура — так называемые видманштеттеновы фигуры. Но кристаллы видны только на шлифованной и протравленной поверхности.

Каменные метеориты более разнообразны по своему составу, чем железные, поэтому для человека, не знакомого с геологией, опознание их представляет значительные трудности. Но некоторые признаки все же можно указать. Прежде всего, почти все каменные метеориты тяжелые. Все они содержат довольно много железа, обычно в виде металлических вкраплений. Если удельный вес, например гранита, равен приблизительно 3 г/см^3 , то у метеоритов он в 1,5—2 раза больше. Присутствием железа объясняется и намагниченность каменных метеоритов (разумеется, железных тоже). Намагниченность образца нетрудно проверить, приблизив к нему компас. Если образец намагничен — стрелка отклонится.



ШЛИФОВАННЫЙ И ПРОТРАВЛЕННЫЙ кислотой *срез* железного метеорита Чебанкол (вес 128 кг, найден в 1938 г.). Видны видманштеттеновы фигуры — кристаллы железа

Не следует забывать, что и на Земле имеются тяжелые магнитные породы, например железная руда — магнетит, но они не содержат металлического железа.

Поверхность недавно упавших каменных метеоритов покрыта темной, иногда черной, блестящей или слегка шероховатой корой плавления. Толщина ее не превышает 1 мм. На коре бывают заметны струйки, брызги, натеки расплавленного и застывшего вещества. Как и железные, каменные метеориты насквозь не проплавляются. Регмаглипты на каменных метеоритах обычно выражены слабее, чем на железных. У каменного метеорита, пролежавшего некоторое время в земле, темная кора плавления становится коричнево-бурой.

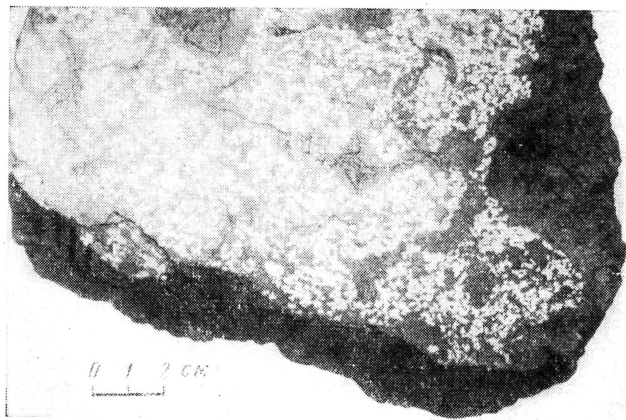
Состав вещества каменных метеоритов бывает весьма разнообразным. Среди них есть такие крепкие, что с трудом раскалываются молотком, а есть и настолько хрупкие, что крошатся в руках, невольно вызывая удивление: как им удалось целыми достичь земной поверхности?

Каменные метеориты бывают белого цвета, всех оттенков серого и даже черные. Черные, так называемые углистые метеориты, содержат много углерода. По внешнему виду они слегка напоминают древесный уголь, но метеориты заметно тяжелее. Углистые метеориты очень редки, поэтому их находки представляют исключи-

тельную ценность. Определить метеоритную природу подобного образца можно, по-видимому, только наблюдая его падение. Столь же редки и белые метеориты.

Наиболее часто среди каменных метеоритов встречаются такие, вещество которых представляет мелкозернистую светло-серую массу, резко контрастирующую с темной корой. Излом метеорита напоминает бетон или цементный раствор с рассеянными блестками железных вкраплений. Уже через несколько лет под действием влаги и воздуха содержащееся в метеорите железо окисляется и вещество метеорита приобретает ржавую окраску.

Большинство каменных метеоритов являются хондритами. В веществе такого метеорита вкраплены шарики — хондры, имеющие размеры от долей миллиметра до не-



РАЗРЕЗ МЕТЕОРИТА БУДУЛАН (вес 103 кг, найден в 1962 г.). В темной каменной массе заметны белые блестящие вкрапления металла



ПОКРЫТАЯ ТЕМНОЙ КОРОЙ плавления поверхность каменного метеорита Червоный Кут (вес 1,7 кг, падение 23 июня 1939 г.)



ХОНДРЫ НА ИЗЛОМЕ КАМЕННОГО МЕТЕОРИТА САРАТОВ (вес 221 кг, падение 6 сентября 1918 г.). Увеличено в 5 раз

скольких миллиметров. Они видны в лупу на разломе метеорита. Хондры — самый надежный признак метеоритного вещества. Правда, изредка попадают метеориты, в которых хондр нет.

Какие же еще особенности отличают метеориты от земного вещества? В метеоритах не бывает кварца, широко распространенного среди земных горных пород. Нет в метеоритах и карбонатных пород, например таких, как известняк или мел. В строении метеоритов никогда не отмечается слоистости, какую можно наблюдать у глины и сланцев. Не бывает у метеоритов и ярко выраженной крупнокристаллической структуры, подобной граниту. Железо-каменные метеориты трудно спутать с обычными земными породами. Такой метеорит представляет собой железную губку, в порах которой помещается каменистое вещество. На Земле такие формы пород неизвестны.

Чтобы иметь более или менее четкое представление о внешнем виде метеорита, желательно ознакомиться не только с их фотографиями и описанием, но также и с найденными образцами. Это нетрудно сделать, так как хорошие коллекции и выставки метеоритов имеются в Москве, Ленинграде, Свердловске, Риге и других городах.

Если вы нашли образец, который, как вам кажется, похож на метеорит, надо отколоть или отпилить от него небольшой кусочек

(20—25 г) и, составив краткое описание обстоятельств находки, послать для анализа по адресу: Москва, В-313, ул. Марии Ульяновой, д. 3, корп. 1, Комитет по метеоритам АН СССР. Если вы наблюдали падение метеорита, то об этом факте надо сообщить немедленно. Оставшуюся у вас часть образца следует сохранить. При этом имейте в виду, что метеориты нельзя дробить на куски, прокалывать на огне, обрабатывать химическими реактивами, нельзя соскабливать с них кору, смачивать водой.

Все метеориты на территории СССР наравне с полезными ископаемыми считаются общенародным достоянием. Лицам, нашедшим и передавшим Академии наук СССР новые метеориты, выплачивается денежное вознаграждение. Один из последних метеоритов, который приобрела Академия наук СССР, найден в Туркмении. Это — небольшой каменный хондрит весом 71,6 г. Согласно существующему правилу, он назван по ближайшему населенному пункту Кабаклы. В конце 1968 г. его передали в Академию наук местные жители А. А. Боярщиков и Б. В. Подлипалин. Летом 1969 г. во время земляных работ на золотом прииске Апрелевский (Амурская область) был найден железный метеорит весом около 50 кг.

Помните, что метеориты имеют исключительную научную ценность!

И. Т. ЗОТКИН

Львовское общество юных любителей астрономии

С мая 1966 г. во Львове при Областной станции юных техников работает Общество юных любителей астрономии, созданное на базе Клуба познавателей Вселенной при средней школе № 20.

Уже окончили школу первые члены общества, но они не забудут походы и экспедиции, «прогулки по небу» и диспуты. А музей «Космос», организованный в школе № 20, будет всегда напоминать о его создателях Алике Евстратове, Люде Авдюгиной, Любе Яхно и других ребятах. Многие из них и сейчас не прерывают связь с обществом, передают свой опыт новому поколению юных астрономов.

К началу 1969 г. в состав Львовского общества юных любителей астрономии входило 32 человека. При станции юных техников работают две группы, в которых занимаются учащиеся школ № 20, 68, 57, 34 и 52. Здесь проводятся теоретические занятия по различным вопросам астрономии и астрономическому приборостроению, экскурсии в Львовскую обсерваторию; в музее и планетарии демонстрируются небесные объекты и

астрономические явления для всех желающих. Члены общества организуют агитпоходы по области, астрономические вечера, выпускают стенгазету «Аэлита».

Недалек тот день, когда будет сооружена Львовская областная юношеская астрономическая обсерватория. А пока... перед нами стоят более скромные задачи: организовать систематические наблюдения переменных звезд и метеоров, создать передвижной музей «Космос» для агитпоходов по городам и селам области.

Деятельность Львовского общества юных любителей астрономии тесно связана с Львовским отделением ВАГО, Львовской астрономической обсерваторией, планетарием, обществом «Знание» и другими учреждениями. Постоянную помощь юным астрономам оказывает заведующий кафедрой космической геодезии и астрономии Политехнического института профессор А. В. Буткевич и консультирует директор Львовской обсерватории доцент Я. Т. Капко.

Налажена связь с астрономическим кружком Ясеновской школы Бродовского района. При школе ученики своими силами создали обсерваторию, планетарий и астрономический музей.

Сейчас, когда в нашей стране по примеру Крымского общества юных любителей астро-

номии все чаще возникают новые общества юных астрономов, появляется необходимость в тесной связи между детскими и юношескими астрономическими коллективами. Вряд ли Львовское общество работало бы столь успешно без тесной связи с другими организациями юных астрономов. Так, при сборе материалов для передвижного музея «Космос» большую помощь нам оказывают Крымское общество, Союз обществ юных любителей астрономии Украины, а также различные кружки юных астрономов.

Союз обществ юных любителей астрономии Украины, организованный в 1966 г., воспитывает ребят в духе коллективизма, коммунистического отношения к труду, любви к Родине и советской науке. Уже в юные годы у ребят пробуждается стремление помочь ученым в исследовании Космоса.

Вероятно, юным астрономам необходимо объединяться не только на базе юношеских секций ВАГО, но и на базе организаций при внешкольных учреждениях. Дома и дворцы пионеров, клубы и станции юных техников имеют для создания обществ юных любителей астрономии все необходимое: штаты, материальную базу. Мы за такое объединение!

А. П. КОСЯНЧУК
руководитель Львовского общества юных любителей астрономии

Кометы в 1970 году

В 1970 г. астрономы ожидают приближения к Солнцу и Земле семи периодических комет (см. таблицу).

Комета	Последнее обозначение	Дата прохождения перигелия	Максимальный блеск во время последнего появления
Слотера — Бернема	1958 VI	Апреля 23	16 ^m
Джонсона	1963 IV	Апреля 24	17,5
Понса — Виннеке	1964 I	Мая 21	13
Д'Арре	1963 VII	Июня 15	17
Копфа	1964 III	Июля 24	8,5
Уинлла	1933 II	Октября 15	13
Вайсала	1960 IV	Ноября 13	15

Как видно из таблицы, ни одна из ожидаемых периодических комет, за исключением кометы Копфа, не может наблюдаться любительскими средствами. Для поисков кометы Копфа нужно иметь ее эфемериду, т. е. таблицу положений на звездном небе в определенные даты. Такую эфемериду можно запросить по адресу: Киев, Обсерваторная ул., д. 3, Кафедра астрономии КГУ, Группа по исследованию комет. Орбита кометы Копфа мало наклонена к эклиптике (на 5°). В перигелии комета находится в районе орбиты Марса, в афелии приближается к орбите Юпитера. Период обращения ее 6,32 года. Примерно за месяц до прохождения перигелия комета Копфа будет находиться в противостоянии с Солнцем, что облегчит ее наблюдения.

Не надо забывать, что помимо известных периодических комет каждый год астрономы открывают несколько (обычно три-четыре) новые кометы. Большинство из них движутся по очень вытянутым, почти параболическим орбитам и приходят, так сказать, с окраин солнечной системы, но среди новых комет встречаются и ранее не известные короткопериодические.

Почетная роль в открытии новых комет принадлежит любителям астрономии — «ловцам» комет. За последние годы много комет открыли японские любители астрономии К. Икейа и Ц. Секи, английский любитель — учитель по профессии Дж. Олкок и другие. К сожалению, среди «ловцов» комет мы не встречаем имен советских любителей астрономии. А ведь для плодотворных поисков комет нужно многое: хороший светосильный телескоп с большим полем зрения (годится бинокляр, стереотруба или даже сильный полевой бинокль) и... терпение.

Поиски новых комет надо проводить в ясные, темные ночи, когда хорошо видны слабые звезды и не мешает Луна. Необходимо очень тщательно осматривать одну область неба за другой, все время сверяя наблюдаемые области со звездным атласом. Для таких наблюдений рекомендуется пользоваться большим «Звездным атласом» А. А. Михайлова (в нем представлены звезды до 8,25 величины).

Начинать осмотр неба надо еще в период вечерних сумерек и притом с областей, ближайших к западному Солнцу. Именно здесь может оказаться комета, приближающаяся к Солнцу. Из-за яркого фона неба эти области недоступны для фотографирования (получится сильная вуаль). Осмотрев западную часть неба, следует постепенно переходить к южным, затем к сколозенитным участкам, потом осмотреть северную часть неба и, наконец, восточную. Если наблюдатель может вести наблюдения под утро, надо внимательно осмотреть сегмент утренней зари, потому что и с этой стороны вблизи Солнца может оказаться яркая комета.

Применяя описанный метод, пять астрономов чехословацкой обсерватории Скалнате Плесо за 12 лет открыли 22 кометы, причем 17 из них — в бинокляр, а две даже невооруженным глазом. Особенно много комет открыли Антонин Мркос (14) и Людмила Пайдусакова (5) *.

Если замечено подозрительное туманное пятнышко, и на этом месте в атласе не показана ни туманность, ни далекая галактика, нужно зарисовать точное положение этого пятна относительно ближайших звезд и отметить 2-3 из них в атласе (хотя бы обвести кружком). Подождав около часа (за это время обычно осматривают другие области неба), следует вновь вернуться к замеченному пятнышку. Если оно не сместилось ни за час, ни за 2-3 часа, то это — туманность. Если же замечен сдвиг, несомненно, перед вами — комета. В этом случае необходимо немедленно телеграфировать: Москва В-234 ГАИШ,

указав положение, звездную величину и направление движения кометы (предварительно по атласу надо определить ее координаты: прямое восхождение и склонение). Телеграмма может выглядеть так: «Комета 7 величины 5 августа 20 часов восхождение 3 часа 49 минут склонение плюс 17 градусов 30 минут движение северо-восток хвост (хвоста нет). Петров».

Если наблюдатель не имеет атласа или не умеет отсчитывать координаты, можно указать положение кометы относительно ближайших звезд, например: «Комета 6 величины 3 сентября 23 часа двух градусов восточнее эты Орла движется юго-запад. Сергеев».

Одновременно по тому же адресу (Москва, В-234, Университетский пр., 13, Государственный астрономический институт имени П. К. Штернберга) необходимо послать письмо с подробным описанием кометы и с копией зарисовок ее положения (подлинники остаются у наблюдателя). В письме следует описать применявшийся инструмент и условия наблюдения. Время всюду указывать московское.

При поисках комет надо быть готовым и к неудачам, и к разочарованиям. Нередко оптика порождает ложные объекты — «духи», принимавшиеся не раз за кометы. Обычно «духи» наблюдаются вблизи ярких звезд и планет. Но надо твердо запомнить: лучше сделать ошибочное сообщение, чем упустить действительное открытие. Так, советский любитель астрономии В. Клевещкий (Рига) заметил комету 1957 d раньше чехословацкого астронома А. Мркоса, но сообщил об этом слишком поздно, поэтому комета получила имя Мркоса. В 1968 г. японский любитель Итагаки обнаружил комету 1968a 25 апреля 1968 г. за 5 суток до остальных наблюдателей, но тоже вовремя не сообщил об открытии и вспомнил об этом лишь после того, как 30 апреля комету открыли независимо друг от друга еще пять японских наблюдателей. Но было поздно: комету назвали Таго — Хонда — Ямомото (новой комете присваивают имена не более трех человек, независимо открывших ее и первыми сообщивших о своем открытии).

Будем надеяться, что советские любители астрономии, имеющие немалые успехи в наблюдениях переменных звезд, метеоров, серебристых облаков, планет, солнечных затмений, включатся также в поиски и наблюдения комет. Подробная инструкция для этих наблюдений приведена в «Астрономическом календаре» (постоянная часть, Физматгиз, 1962, стр. 406—415).

* См. Л. Пайдусакова. Кометы и их открытие. «Знание», 1958.

В. А. БРОНШТЭН
кандидат физико-математических наук

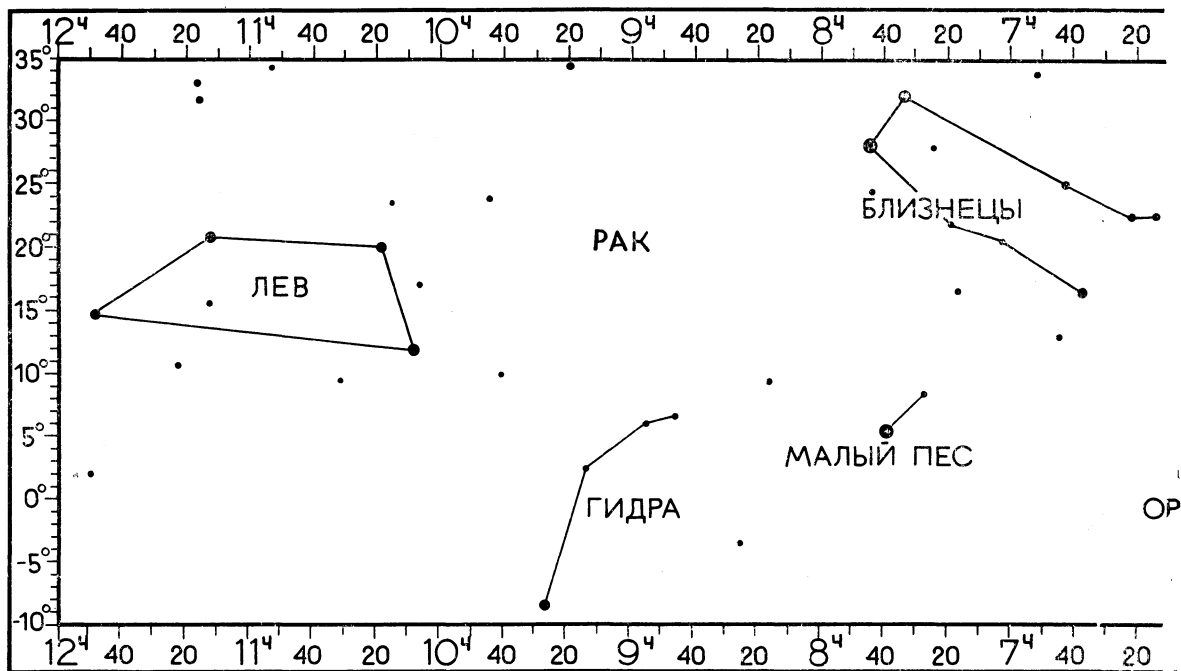
Карта видимых путей планет в январе — феврале 1970 года

Карта видимых путей планет (см. стр. 84—85) охватывает две зоны зодиакального пояса звездного неба: зимнего (прямые восхождения от 0^h до 12^h , склонения от $+35^\circ$ до -10°) и летнего (прямые восхождения от 12^h до 24^h , склонения от $+10^\circ$ до

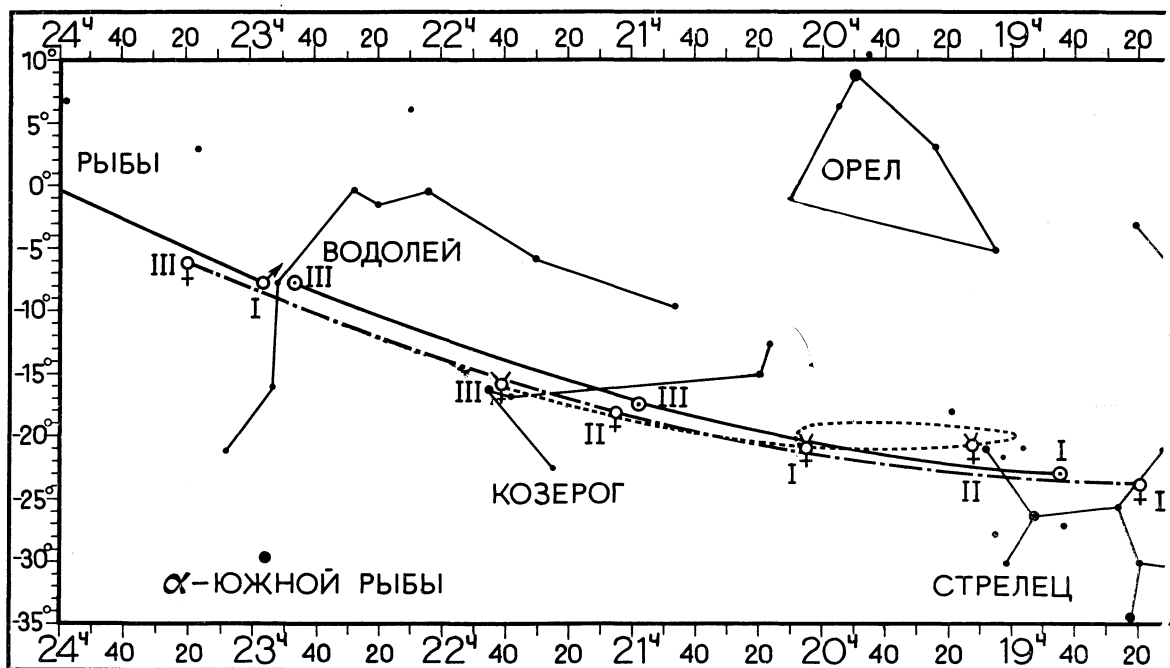
— 35°). По горизонтали справа налево отмечены часы и минуты прямого восхождения, по вертикали — градусы склонения. Звезды нанесены до 4-й звездной величины, что дает возможность различить фигуры созвездий.

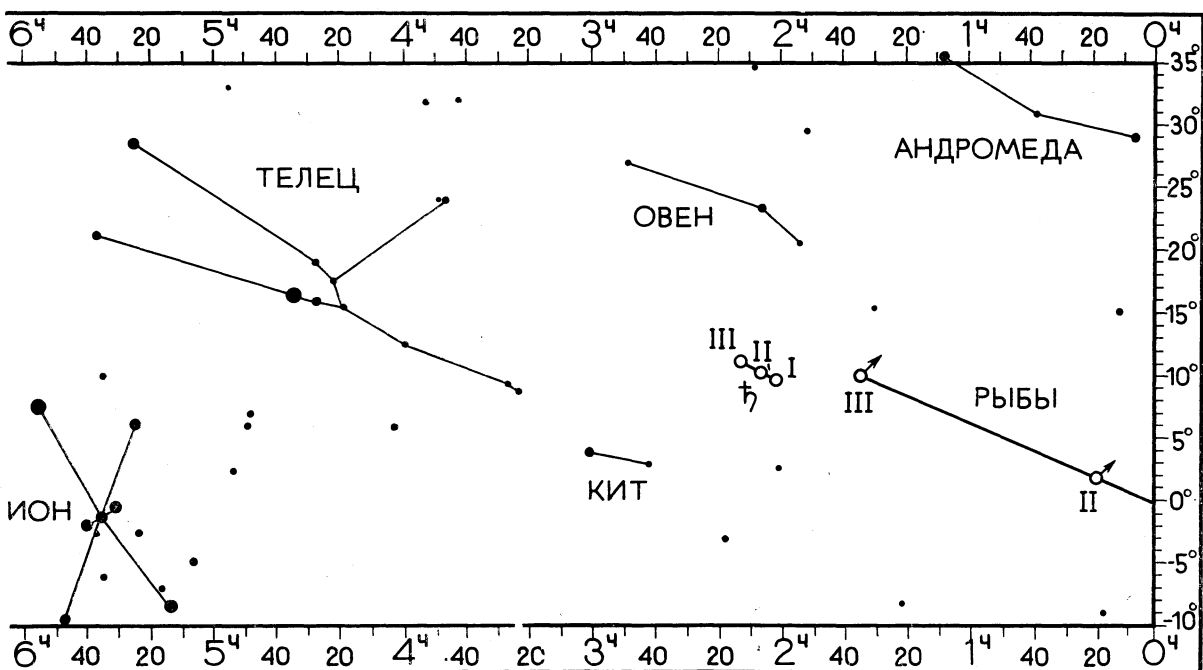
Положения Солнца и планет (кроме Плутона) показаны линиями или штрихами. Римские цифры (I, II, III) соответствуют положениям светил на первые числа января, февраля и марта 1970 г. Кружками обозначены области, в которых лежат пути Урана и Нептуна.

В. С. ЛАЗАРЕВСКИЙ И

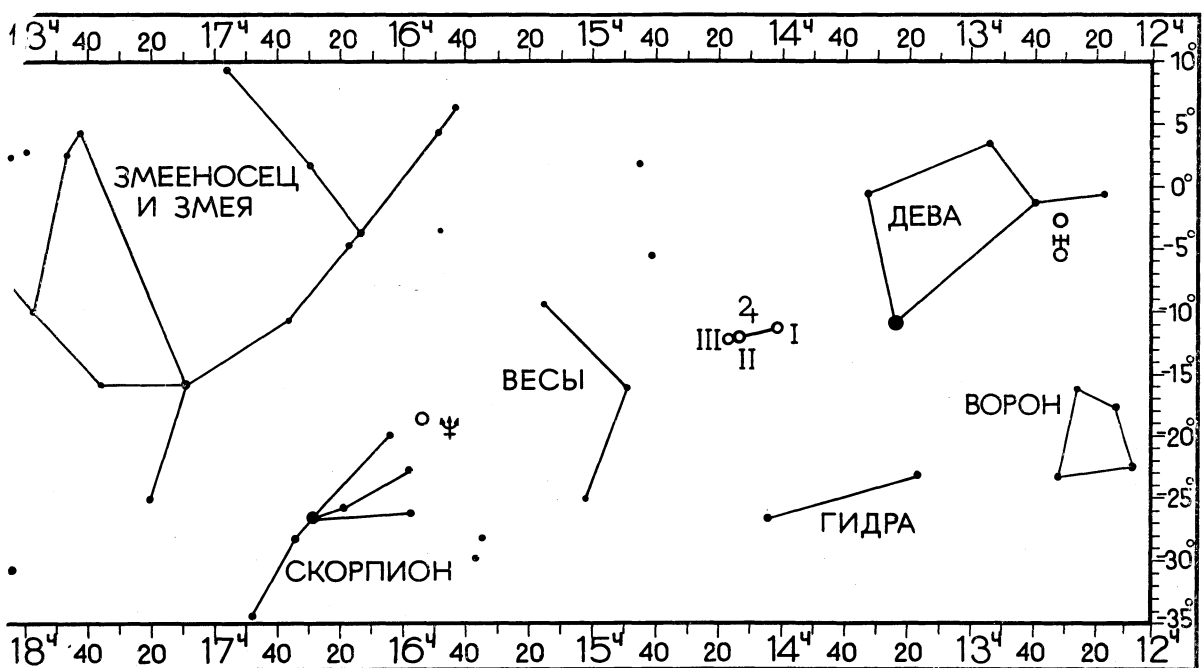


☉ — СОЛНЦЕ ♿ — МЕРКУРИЙ ♀ — ВЕНЕРА ♂ — МАРС





♃ — ЮПИТЕР ♄ — САТУРН ♅ — УРАН ♆ — НЕПТУН



Знакомьтесь, —

Г. РЕЙ

Говорят, что великий французский художник Поль Гоген воскликнул однажды «Жить в городе и не знать даже карты звездного неба — это уж слишком!» Гоген вообще-то не жаловал городскую цивилизацию. Но в данном случае он, безусловно, был прав. Для многих наших современников (а для жителей больших городов в особенности) звездное небо — мир совершенно неведомый! А между тем известно, что тот, кто впервые по-настоящему увидит звездное небо (не посмотрит, а именно увидит), непременно захочет поделиться своей радостью с другими.

Вероятно, это чувство владело Г. Реем, когда он писал книгу «Звезды. Новые очертания старых созвездий».

Книга Рея — очень хороший звездный букварь, прочтя который непременно захочешь заняться более глубоким изучением звезд.

Мы знакомим наших читателей с отрывком из книги Рея.*

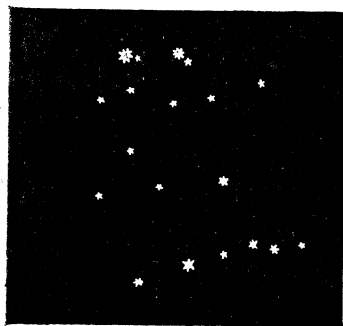
О звездах написано множество книг, у которых масса достоинств. Но в одном немаловажном отношении они не оправдывают наших надежд — в том, как они описывают созвездия.

У созвездий очень выразительные названия и мы ожидаем, что группы звезд действительно будут напоминать фигуры льва, кита, девы и т. д. Но не тут-то было.

В некоторых книгах созвездия изображены в виде сложных аллегорических фигур, которые невозможно проследить на небе. В других (главным образом в современных книгах) — в виде запутанных геометрических фигур, которые вообще ни на что не похожи и не имеют ничего общего с названием созвездия. Такие книги едва ли в состоянии помочь

нам научиться распознавать созвездия на небе.

* Г. Рей. Звезды. Новые очертания старых созвездий. Перевод с английского Р. Г. Шнейдер-Золиной. Под редакцией и с предисловием кандидата физико-математических наук К. А. Любарского. «Мир», М., 1969 г.



◀ Близнецы — группа звезд

Близнецы — аллегорическое изображение ▶



звезды

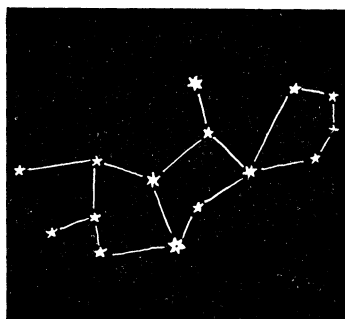
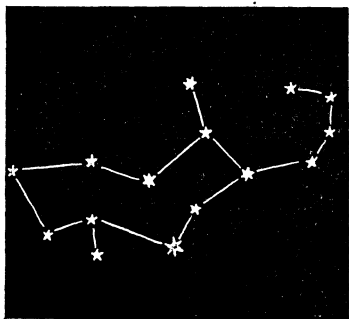
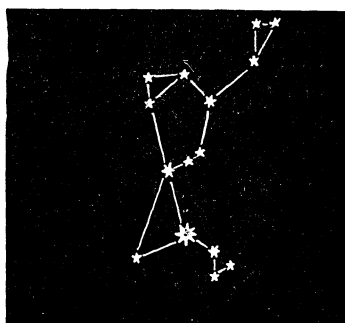
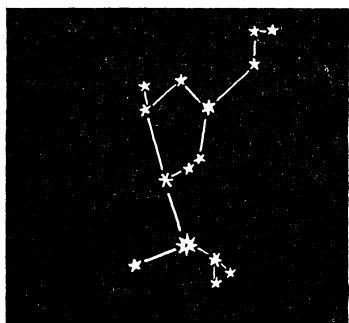
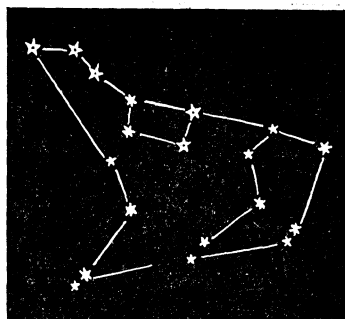
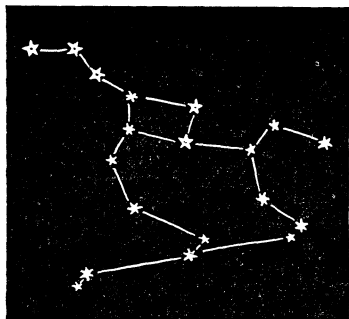
Мы попытаемся исправить сложившееся положение.

Созвездия можно изобразить по-новому, в виде фигур, которые соответствуют своим названиям: группа звезд, называемая Большой Медведицей, будет походить на очертания медведицы, Кит — на кита, Орел — на орла и т. д. Эти фигуры легко запомнить и проследить на звездном небе.

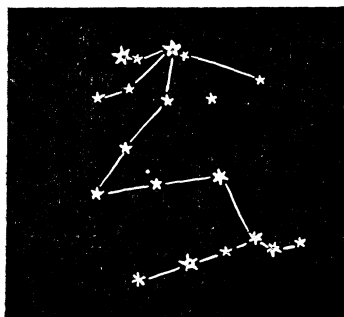
Возьмем, к примеру, созвездие Близнецов. На небе — это группа различных по яркости звезд, разбросанных в беспорядке.

В книгах и на картах, где созвездия изображены аллегорически, Близнецы представлены рисунком, возможно, очень красивым. Но этот рисунок имеет очень слабое отношение к звездам. Его нельзя увидеть на небе. Он скорее сбивает с толку, чем помогает.

В книгах, где созвездия изображаются геометрически, нет лишних завитушек. Но изображение Близнецов здесь напоминает иероглиф, лишенный всякого смысла. Иероглиф не имеет ничего общего с близнецами. Пытаясь проследить его на небе, вы прос-

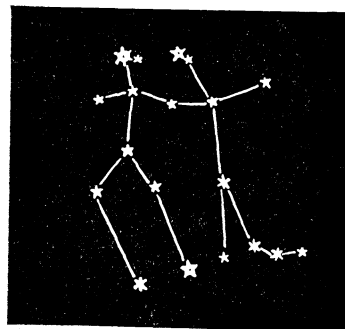


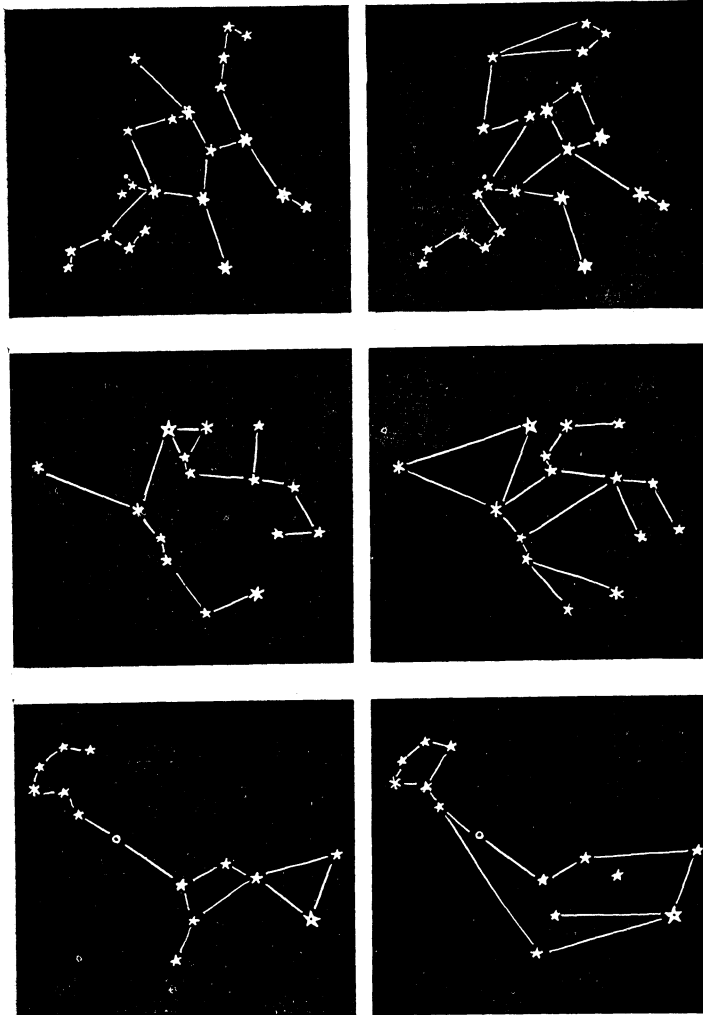
Старые и новые изображения созвездий. Звезды в левой и правой частях одни и те же, различны только линии, соединяющие их. Сверху вниз: Большая Медведица, Волопас (он сидит и курит трубку), Дева



◀ Близнецы — геометрическое изображение

Близнецы — смысловое изображение ▶





Старые (слева) и новые (справа) изображения созвездий. Сверху вниз: Геркулес (человек с дубинкой), Пегас (крылатый конь), Кит

то собьетесь с толку и запутаетесь, запомнить такую фигуру почти невозможно.

Мы предлагаем новые графические изображения. Линии, соединяющие звезды, проведены с таким расчетом, чтобы фигура соответствовала своему названию. Звезды здесь те же самые, что и на других рисунках. Проверьте — мы не изменили их относительного расположения. Но теперь фигура имеет смысл: перед вами два спичечных человечка, которые держатся за руки — близнецы. Их можно найти на небе, сначала пользуясь картой, а затем по памяти.

Такой графический способ мы применяем всюду, где это возможно. Лишь в нескольких случаях, когда созвездие состоит только из двух или трех звезд, этого сделать не удалось. Однако нельзя требовать невозможного даже от звезд.

Приведем другие примеры для сравнения геометрического и графического методов.

Не исключено, что новый способ не так уж нов.

Возможно, в Египте и Месопотамии, где более 5000 лет назад возникли современные названия созвездий и где не было популярных книг с картинками, родители учили своих детей узнавать звезды, рисуя фигуры на песке.

Но, по крайней мере, в одном отношении все мы (даже те, кто не изучал созвездий) стоим выше халдейских пастухов и других древних народов, интересовавшихся звездным небом, — мы больше знаем о природе звезд и Вселенной.

Мы уже не верим в то, что звезды — это маленькие лампочки или шляпки гвоздей, вбитых в небесный купол, или (как гласит одна трогательная легенда жителей Центральной Америки) огоньки сигар, которые курят в раю умершие герои. Мы учим в школе, что звезды, из которых составляются созвездия, это в действительности солнца, подобные нашему.

Мы знаем, что звезды находятся фантастически далеко от нас, но они вполне реальны. Иначе обстоит дело с созвездиями. Мы объединяем в созвездия группы звезд, которые представляются нам расположенными по соседству друг с другом, но отсюда не следует, что это на самом деле так.

Просто с нашего наблюдательного пункта во Вселенной они ка-





жуются расположенными рядом. Звезды, видимые с Сириуса или с Полярной, образуют совсем другие группы, непохожие ни на одно из наших созвездий. Таким образом, две звезды, которые на нашем небе кажутся ближайшими соседями, на самом деле могут быть очень далеки друг от друга. Чтобы определить расстояние между ними, нужно заглянуть в звездный каталог. Кастор и Поллукс в созвездии Близнецов кажутся соседями, и это действительно так: их разделяет какой-нибудь десяток световых лет. Зато две звезды ручки ковша Большой Медведицы — Бенетнаш и Мицар, которые кажутся ненамного дальше друг от друга, чем Кастор и Поллукс, — отнюдь не соседи. Просто при наблюдении с Земли они попадают в один участок неба. Мицар находится от нас всего лишь в 78 световых годах, а расстояние до Бенетнаша еще на 114 световых лет больше.

А вот Сириус и Альтаир (яркая звезда в Орле) расположены в диаметрально противоположных частях небесной сферы (уж дальше и быть не может), однако расстояние между ними всего 25 световых лет. Земля находится между ними, поэтому в то время как одна из них заходит на западе, а другая восходит на востоке; нам кажется, что расстояние между ними очень велико. Приведенные примеры доказывают, что в астрономии (чаще, чем где бы то ни было) на самом деле все может обстоять не так, как кажется на первый взгляд.

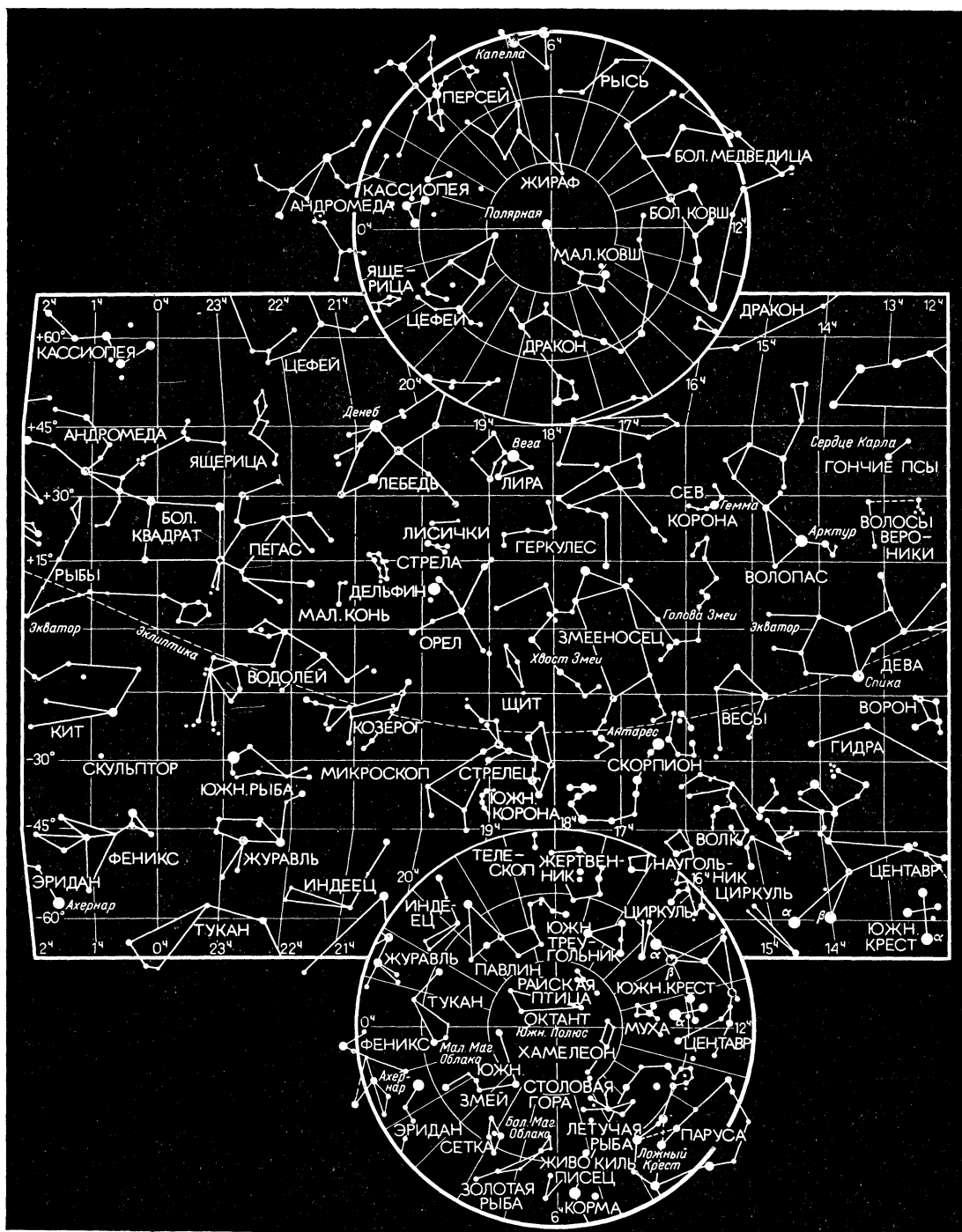
Все 88 созвездий показаны на карте. Невозможно нарисовать плоскую карту небесной сферы (или вообще какой-либо сферы), не исказив формы созвездий. Чтобы компенсировать этот недостаток, левая и правая части карты перекрываются, а полярные об-

ласти изображены дважды. Благодаря этому созвездия, разорванные на одной стороне карты, сохраняют целостность на другой.

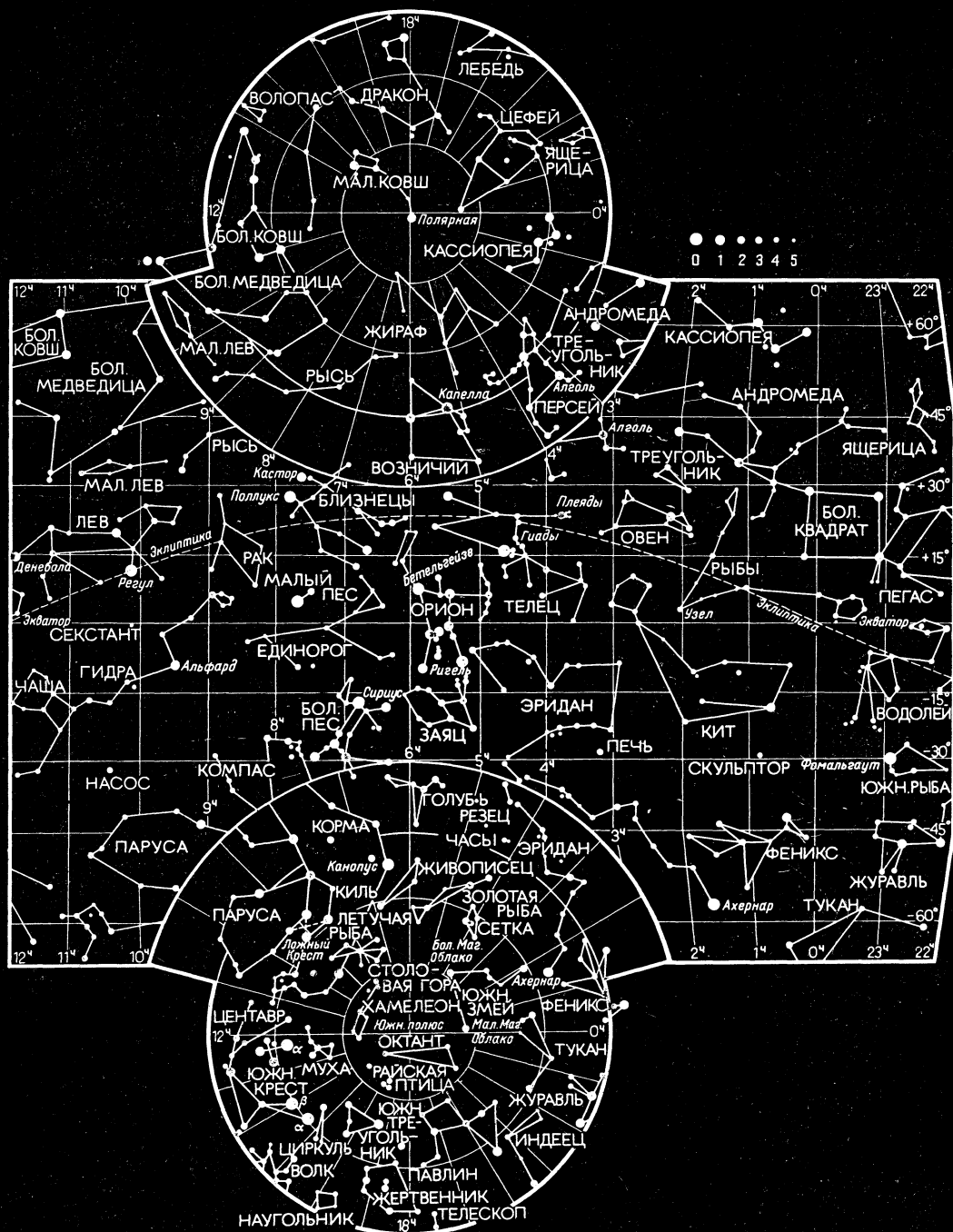
Если вы хотите найти какое-либо созвездие, посмотрите в списке созвездий его индекс (буква или цифра): С (север) и Ю (юг) означают, что созвездие надо искать на круглых картах северной или южной полярных областей; число соответствует прямо-му восхождению созвездия, показанного в центральной части карты.

Андромеда 1
Близнецы 7
Большая Медведица 11
Большой Пес 7
Весы 15
Водолей 22
Возничий 5
Волк 15
Волопас 14
Волосы Вероники 13
Ворон 12
Геркулес 17
Гидра 9
Голубь 6
Гончие Псы 13
Дева 13
Дельфин 21
Дракон С
Единорог 7
Жертвенник Ю
Живописец Ю
Жираф С
Журавль 22
Заяц 6
Змееносец 17
Змея 16—18
Золотая Рыба Ю
Индеец Ю
Кассиопея С
Киль 7

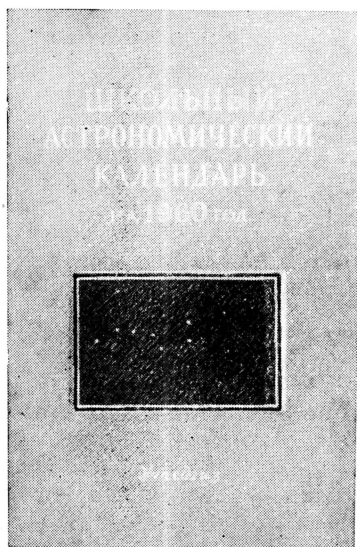
Кит 2
Козерог 21
Компас 8
Корма 8
Лебедь 21
Лев 10
Летучая Рыба Ю
Лири 19
Лисичка 20
Малая Медведица С
Малый Конь 21
Малый Лев 10
Малый Пес 8
Микроскоп 21
Муха Ю
Насос 10
Наугольник 16
Овен 2
Октант Ю
Орел 20
Орион 6
Павлин Ю
Паруса 9
Пегас 23
Персей 3
Печь 3
Райская Птица Ю
Рак 9
Резец 5
Рыбы 1
Рысь 9
Северная Корона 16
Секстант 10
Сетка Ю
Скорпион 16
Скульптор 1
Столовая Гора Ю
Стрела 20
Стрелец 19
Телескоп 18
Телец 4
Треугольник 2
Тукан Ю
Феникс 1
Хамелеон Ю
Центавр 14
Цефей С
Циркуль Ю
Часы 4
Чаша 11
Щит 19
Эридан 3
Южная Гидра Ю
Южная Корона 19
Южный Крест Ю
Южная Рыба 23
Южный Треугольник Ю
Ящерица 22



Карта всего звездного неба



Двадцатилетие «Школьного астрономического календаря»



19 сентября 1949 г. член-корреспондент АН СССР Г. А. Тихов направил в Астрономический совет АН СССР полученное им от учителя школы города Алма-Аты В. Н. Бухмана письмо, в котором содержалась программа краткого астрономического ежегодника для учителей, учащихся средней школы и любителей астрономии. Предлагая издать такой календарь, В. Н. Бухман ссылался на то, что «Астрономический календарь», выпускаемый Всесоюзным астрономо-геодезическим обществом, сложен и недоступен большому числу читателей.

Астрономический совет АН СССР поставил вопрос перед Московским планетарием о разработке нового пособия. С 1934 г. Московский планетарий систематически оказывал большую помощь школам. Автору статьи как руководителю учебно-методической работы планетария и Московского отделения ВАГО была поручена организация издания популярного астрономического календаря, в составлении которого приняли участие члены учебно-методической секции Московского отделения ВАГО профессор П. И. Попов, профессор М. Е. Набоков и Ф. Ю. Зигель.

Календарь для учащихся средней школы и преподавателей астрономии, а также для широкого круга любителей астрономии должен быть очень простым и небольшим по объему и максимально соответствовать интересам и

запросам тех, кому он в первую очередь предназначался.

Основная задача календаря — помочь рядовому любителю астрономии организовать и провести простейшие наблюдения небесных светил и явлений. Поэтому календарь должен содержать основные сведения о Луне, планетах, звездах, в том числе и переменных, о солнечных и лунных затмениях, о метеорных потоках.

Еще одна задача календаря — укреплять теоретические знания по астрономии.

И наконец, календарь должен привлекать и усиливать интерес к истории астрономии — науке, создающей прочные основы научного материалистического мировоззрения.

Астрономический совет АН СССР утвердил редколлегия «Школьного астрономического календаря».

Только в начале сентября 1950 г. Учебно-педагогическое издательство Министерства просвещения РСФСР приняло решение начать издание «Школьного астрономического календаря» с 1951 года. Дело было новое, но работу по составлению календаря удалось провести очень быстро. К сожалению, первые экземпляры «Школьного астрономического календаря» на 1951 год появились в продаже лишь в октябре (!) того же года.

Между тем составители уже подготовили календарь на 1952 год, сдав работу издательству в июне 1951 г. Однако и этот выпуск немного запоздал: экземпляры ка-

лендаря на 1952 г. появились в продаже в марте того же года. Постепенно дело наладилось и начиная с 9-го выпуска «Школьный астрономический календарь» стал выходить в свет за несколько месяцев до начала года, на который он составлялся.

Редколлегия календаря менялась. Из нее вышли М. Е. Набоков, П. И. Попов, Ф. Ю. Зигель, а новым членом редколлегии стал М. М. Дагаев. Много и плодотворно поработали над улучшением содержания календаря в качестве

редакторов и рецензентов В. А. Бронштэн, А. Б. Поляков, К. А. Порцевский, А. С. Шаров и С. А. Шорыгин. На протяжении минувших лет руководство составлением и обработкой материалов календаря осуществлял автор статьи.

«Школьный астрономический календарь» постепенно приобрел признание учителей, учащихся и большого числа любителей астрономии. Учитывая это, издательство «Просвещение» решило приладить календарю более привлека-

тельный вид: выпуск на 1969 год получил новую красочную обложку, были улучшены печать и верстка, включены иллюстрации на мелованной бумаге. С 20-го выпуска в 1,5 раза увеличен объем календаря. Значительно вырос и тираж этого пособия. Если первые выпуски на протяжении почти полутора десятилетий имели обычно тираж 25 000 экземпляров, то в 1969 г. тираж «Школьного астрономического календаря» составлял 90 000 экземпляров.

В. А. Ш И Ш А К О В
кандидат педагогических наук

Когда учебник «выдержал» уже четыре издания, в нем, казалось бы, все «утраилось» и «устоялось» и изменить больше нечего. Но авторы сумели творчески подойти к пятому изданию.

Прежде всего, им удалось сократить материал на четыре печатных листа без ущерба для основного содержания книги. В результате, уменьшено число параграфов (вместо 224 стало 193), некоторые параграфы укорочены. Но при этом сохранены все вопросы, имеющие мировоззренческое и философское значение.

Особенно слаженной и четкой получилась II глава «Вопросы сферической астрономии», половина которой написана заново. В эту главу входит весь основной материал по сферической астрономии, необходимый студенту для изучения последующих разделов астрономии.

Глава III «Вопросы практической астрономии» подверглась также значительной переработке, стала более компактной и содержательной за счет более четкого

«Астрономия»



изложения материала и сокращения второстепенных вопросов.

Глава IV «Строение солнечной системы» написана хорошо, но содержание главы не совсем соответствует ее названию. Судя по названию главы, в ней должно быть рассказано о планетах, их спутниках и других телах солнечной системы. Но здесь освещен вопрос только о параллаксах и движении Земли вокруг Солнца. По-видимому, нужно было подобрать другое название главы.

В главе V «Земля» довольно сжато, но вполне доходчиво излагаются данные о Земле. Удачно написана и глава VI «Закон всемирного тяготения». Посвященная основам небесной механики, она включает и современные проблемы этой науки — движение искусственных тел в солнечной системе.

Не входя в детальный разбор астрофизической части учебника, можно сказать, что вопросы, относящиеся к этой области астрономии, изложены последовательно и с учетом многих современных достижений.

Учебник в целом безусловно заслуживает положительной оценки. Большинство недостатков, которые удалось заметить в учебнике, можно отнести к мелким «огрехам», которые едва ли стоит перечислять в данной рецензии. Но одно замечание, как мне кажется, сделать необходимо. Известно, что в связи с космическими полетами очень важное значение приобрела проблема астрономических постоянных. К сожалению, эта проблема не получила в учебнике никакого отражения, если не считать того, что в конце учебника приведена устаревшая таблица постоянных.

К. А. КУЛИКОВ
профессор

П. И. Попов, Р. В. Куницкий, Б. А. Воронцов-Вельяминов. Астрономия. Учебник для педагогических институтов. Под редакцией Р. В. Куницкого. Изд. 5-е. «Просвещение», 1967.

Тематический указатель статей, опубликованных в журнале «ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ» в 1969 году

Амбарцумян В. А. — Ядра галактик
Архипова В. П. — Планетарные туманности
Баранов В. И. — Возраст тел солнечной системы
Войткевич В. Г. — Вымершие изотопы в истории солнечной системы
Геншафт Ю. С., Салтыковский А. Я. — Земля «под прессом»
Голицын Г. С. — Погода на других планетах
Докучаева О. Д. — Фотография в астрономии
Зельдович Я. Б. — Горячая Вселенная
Ибен И. — Звездная эволюция
Ильин А. В. — Подводная окраина в Атлантическом океане
Кириллова И. В. — Сильные землетрясения Турции и их геологическое значение
Комберг Б. В. — Странности в спектрах квазаров
Кондратьева С. П., Самонов В. С., Шаргородский В. Д., Шокин Ю. А. — Оптико-телевизионные наблюдения Икара
Курт В. Г. — Современные представления об атмосфере Венеры
Кучмент Л. С., Чемеренко Е. П. — Гидрологические прогнозы и современная вычислительная техника
Леду П. — Внешние слои и внутреннее строение звезд
Марова Н. А. — Подводный облик океана
Миннарт М. — Необычные или незамечаемые оптические явления
Мирошниченко Л. И. — Солнечные космические лучи
Михельсон Н. Н. — Системы управления телескопами
Михельсон Н. Н. — Принадлежности к телескопам
Монин А. С. — Глобальная атмосферная исследовательская программа
Новиков И. Д. — Гравитирует ли вакуум?
Пановкин Б. Н. — Внеземные цивилизации и кибернетика
Петров Г. И. — Зачем человечеству завоевание космического пространства?
Чикельнер С. Б. — Межзвездный газ, космические и рентгеновские лучи
Ризниченко Ю. В. — «Почему сейсмология?»
Рябов Ю. А. — Астродинамические особенности полета на трассе Земля — Луна — Земля
Сягайло Г. Н. — Космическая пыль в Галактике
Торн К. — Гравитационный коллапс
Фесенков В. Г. — Проблемы и достижения космонавтики
Филиппов Е. М. — Ядерные плотномеры

2 Фрейд В. М. — Как записывают землетрясения 6
4 Хвостиков И. А. — Самая удивительная на Зем-
1 ле жидкость — вода 3
6 Хелм Т. — Торнадо 3
Черкасов И. И., Шварев В. В., Штейнберг Г. С. —
6 Лунные ландшафты среди вулканов Кам-
6 чатки 5
1 Швидковский Е. Г. — Ракетная техника и разви-
3 тие физики верхней атмосферы 2
4 ЛЮДИ НАУКИ
1 Бааде Вальтер 1
Красовский Феодосий Николаевич 3
4 Фесенков Василий Григорьевич 2
4 Шистовский Константин Николаевич 5
Марков Александр Владимирович 3
3 Попов Павел Иванович 4
1 Хайкин Семен Эммануилович 1
Хвостиков Иван Андреевич 6
3 СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ
6 Всесоюзный гляциологический симпозиум 3
4 Мартынов Д. Я. — Современный этап планет-
ных исследований 2
5 Рябой В. З. — Сейсмология взрывов изучает
6 глубины Земли 3
Страут Е. К. — Пленум Центрального совета
5 ВАГО в Свердловске 4
Хвостиков И. А. — Впечатления участника 12-й
6 сессии Международного комитета по ис-
следованию космического пространства 6
1 Шевченко В. В. — Физика поверхностного слоя
5 Луны 4
6 ДИСКУССИИ, ГИПОТЕЗЫ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ
Базыкин В. В. — Как растет число искусственных
2 спутников Земли 1
Петрова Г. Н., Храмов А. Н. — Палеомагнетизм
3 и дрейф континентов 3
4,5 Резанов И. А. — Палеомагнетизм горных пород
и странствующие материки 3
4 Филиппов Ю. К. — Каналы Марса — сеть жизни? 1
ОБСЕРВАТОРИИ И ИНСТИТУТЫ
Домбровский В. А., Молочнов Г. В. — Развитие
5 астрономии и геофизики в Ленинградском
5 университете 5

Ляхов Б. М.— Из истории ИЗМИРАНа
 Рыбка Е.— Новая астрономическая обсерватория Ягеллонского университета в Кракове
 Сулаквелидзе Г. К.— Институт града и лавин .
 Хвостиков И. А.— Мезосфера, мезопауза, об-
 лака

НАРОДНЫЕ ОБСЕРВАТОРИИ И ПЛАНЕТАРИИ

Гребенев Л. П.— Школьная обсерватория в се-
 ле
 Семакин Н. К.— Будни Народной обсервато-
 рии
 Туев Г. Д.— Уфимская учебная обсерватория
 «Юность»

ЭКСПЕДИЦИИ

Айбулатов Н. А.— Океан исследуется изнутри
 Боровиков П. А., Иванов В. А., Обдиркин Г. Г.—
 «Черномор» — подводная лаборатория . .
 Гневышев М. Н.— Полное солнечное затмение
 22 сентября 1968 года
 Мурдмаа И. О.— Рождение и гибель острова
 Метис
 Панаиотов Л. А.— Первый советский астрограф
 в южном полушарии

ПО ВЫСТАВКАМ И МУЗЕЯМ

Базыкин В. В., Хотиник Р. Л.— Снова в «Кос-
 мосе»
 Короченцев И. С.— Музей звездоплавания . .
 Кузьмин В. И.— Космическая выставка в Вене

АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Баренбойм Р. М.— Сферическая астрономия в
 средней школе
 Болгов И. Ф.— Средняя школа должна знако-
 мить с геодезией
 Грушинский Н. П.— Подготовка астрономов в
 системе университетского образования .
 Куницкий Р. В.— Оказывают ли такие про-
 граммы помощь учителям школы?
 Левитан Е. П.— Элементы астрономии и космо-
 навтики в программах различных предме-
 тов средней школы

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

Бронштэн В. А.— Кометы в 1970 году
 Зоткин И. Т.— Если вы нашли метеорит . . .
 Козлов А. Н.— Солнечное затмение в само-
 дельный рефрактор
 Косянчук А. П.— Львовское общество юных
 любителей астрономии
 Лазаревский В. С.— Карта видимых путей пла-
 нет в январе — феврале 1970 года
 Марленский А. Д., Заболотный В. Ф.— Созв-
 ездия 1,2,4
 Михельсон Н. Н.— Любителям астрономии —
 о телескопах. IV, V, VI 1,3,4
 Симоненко А. Н.— Наблюдения метеоров в
 1969 году 1—5
 Цесевич В. П.— Наблюдения переменных звезд
 Чукарев А. Г.— Телескоп-рефрактор из гото-
 вых деталей 4

6 АСТРОНОМИЯ ДЛЯ НАЧИНАЮЩИХ

3 Рей Г.— Знакомьтесь, — звезды 6

4 В ОТДЕЛЕНИЯХ ВАГО

5 Кулагин С. Г.— Горьковскому отделению
 ВАГО — 80 лет 2
 Юбилейное заседание Горьковского отделения
 ВАГО 2

5 КОСМИЧЕСКАЯ ФИЛАТЕЛИЯ

2 Вайсберг О. Л.— Полярные сияния на марках 3
 4 Орлов В. А.— Радиоастрономия в филателии . 1
 Полонский В. В.— Солнце на марках 5

2 КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

2 Боровкова Е. В.— Космические шрамы . . . 2
 Дагаев М. М.— Звездный атлас Яна Гевелия . 3
 Куликов К. А.— «Астрономия» 6
 2 Куликовский П. Г.— Бюллетеню «Переменные
 звезды» — 40 лет! 2
 1 Родионова Ж. Ф.— Луна, уменьшенная в мил-
 лион раз 4
 6 Шишаков В. А.— Двадцатилетие «Школьного
 астрономического календаря» 6

НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ

2 Алмазы в межзвездном пространстве . . . 4
 5 Антарктический ледник пробурен до скаль-
 ного основания! 2
 6 В атмосфере Марса — ледяные кристаллики . 4
 «Венера-5» и «Венера-6» достигли планеты Ве-
 неры 3
 Вечная мерзлота на Марсе 4
 Высокоточный оптический теодолит Т-05 . . . 5
 1 Вспыхнет ли в 1969—1970 году звезда Гевелия? 3
 Гвинейский поток 1
 6 Гидрофоны в кабеле 1
 Горы Кавказа — множество разнообразных
 складок 4
 4 Град... и доллар 3
 2 Громкоговоритель... регистрирует морские
 волны 1
 Диаметр Нептуна 2
 5 Дождь по заказу 3
 Еще один астероид вблизи Земли 2
 Изучение пульсаров продолжается 2
 Каково давление атмосферы на Марсе? . . . 1
 Какой дом лучше выдержит землетрясение? . 3
 6 Кислород на Марсе? 2
 6 Космодром — Космос — Красная площадь . 2
 Кратер в Сахаре 5
 2 Криновит — новый минерал 2
 «Круги» Дж. Роуза 2
 6 Любительские фотографии солнечного затме-
 ния 22 сентября 1968 г. 3
 6 Люди Земли на Луне 4
 Математическая модель Земли 1
 Межзвездный аммиак 4
 Метеорная опасность вблизи Луны 3
 Метеорный кратер в Финляндии? 3
 Меч-рыба атакует батискаф 4
 Наблюдения полного солнечного затмения
 22 сентября 1968 года 1
 На орбите — «Молния-1» 5
 4 Необычный град 5

Новое об атмосфере Венеры	4	Полет советской автоматической станции	
Новые данные о кратере Риз	5	«Зонд-7»	6
О нейтронных звездах	1	Посадочная площадка «Аполлона-11»	5
Оптический пульсар	3	Пробуждение... Испуг... Катастрофа!	6
Оранжевый дождь	1	Пульсар в Крабовидной туманности	5
Очередные этапы советской космической про-		Пульсар открыт в Пушино	3
граммы	1	Пульсары выбрасываются из Галактики?	5
Памяти Отто Юльевича Шмидта	2	Радиокарта Венеры	1
Первые научные результаты полета «Апол-		Рентгеновская фотография солнечной вспышки	
лона-8»	2	8 июня 1968 г.	5
Первые люди на Луне	5	Русла лунных рек	4
Первый лауреат Золотой медали имени		Самые точные маятниковые часы в мире	5
Ю. А. Гагарина	5	Симпозиум по физике Луны и планет	1
Первый слет юных любителей астрономии	5	Сколько метеоритов падает на Землю?	3
Переменная с ультракоротким периодом	3	Снова к Венере	2
Планеты звезды Барнарда?	6	Солнце 17 августа 1968 г.	1
Подводная лаборатория «Черномор-2»	6	Тепловой поток из недр Земли	2
Полет «Аполлона-7»	1	Успешный полет «Аполлона-7»	1
Полет «Аполлона-8»	2	Фотографии поверхности Марса	4
Полет «Аполлона-9»	4	Хромосферные вспышки в октябре 1968 г.	3
Полет «Аполлона-10»	4	Шкала относительных возрастов для лунных	
Полет советской автоматической станции «Лу-		кратеров	1
на-15»	4	Юбилей Тбилисского университета	2
		Яркие планеты в мае — июне 1969 года	2—5

Орган секции физико-технических и математических наук
Президиума Академии наук СССР
и Всесоюзного астрономо-геодезического общества

Редакционная коллегия:

Главный редактор доктор физ.-мат. наук **Д. Я. МАРТЫНОВ**
Зам. главного редактора доктор физ.-мат. наук **И. А. ХВОСТИКОВ**
Ответственный секретарь кандидат пед. наук **Е. П. ЛЕВИТАН**.
Кандидат физ.-мат. наук **В. А. БРОНШТЭН**, доктор техн. наук
А. А. ИЗOTOV, доктор физ.-мат. наук **И. К. КОВАЛЬ**, кандидат
физ.-мат. наук **М. Г. КРОШКИН**, доктор физ.-мат. наук **Р. В. КУНИЦ-**
КИЙ, доктор физ.-мат. наук **Б. Ю. ЛЕВИН**, кандидат физ.-мат. наук
Г. А. ЛЕЙКИН, академик **А. А. МИХАЙЛОВ**, кандидат физ.-мат. наук
И. Д. НОВИКОВ, доктор физ.-мат. наук **К. Ф. ОГОРОДНИКОВ**, док-
тор геол.-мин. наук **Б. А. Петрушевский**, доктор физ.-мат. наук
В. В. РАДЗИВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук **Ю. А. РЯБОВ**, доктор
техн. наук **К. П. ФЕОКТИСТОВ**, академик **В. Г. ФЕСЕНКОВ**.

При перепечатке ссылка на журнал «Земля и Вселенная» обяза-
тельна

2-я типография издательства «Наука», Москва, Г-99, Шубинский пер., д. 10

Научно-популярный журнал
«ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ»

Адрес редакции: Москва, В-333,
Ленинский пр., д. 61/1



Тел. 135-64-81
135-63-08

Художественный редактор
Л. Я. Шимкина

Корректоры: **И. П. Громова**,
Г. Н. Нелидова

Т-16416 Подписано в печать 19/XI 1969 г.

Сдано в набор 30/VIII 1969 г.

Формат бум. 84×108¹/₁₆. Печ. л. 6,0 (10,08)

Уч.-изд. л. 10,2+1 вкл. Тираж 38.000 экз.

Заказ 2705. Цена 30 коп.





Большое Магелланово Облако. Фотография получена на телескопе системы Максудова, установленном в Чили

ИЗДАТЕЛЬСТВО

«НАУКА»



Цена 30 коп.

ИНДЕКС 70336